

DANIEL MURILLO MONTOYA

**ANÁLISE HIDROGEOLÓGICA, COM ÊNFASE NA APLICAÇÃO DE
MÉTODOS GEOFÍSICOS, DO AQÜÍFERO COSTEIRO
NA BACIA HIDROGRÁFICA DE PLAYA PANAMÁ,
PROVÍNCIA DE GUANACASTE, COSTA RICA**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do grau de Mestre em
Geologia Ambiental , Curso de Pós-
Graduação em Geologia, Setor de Ciências
da Terra, Universidade Federal do Paraná**

Orientador: Prof. Dr. Ernani Francisco da Rosa
Filho

Co-orientador: Prof. Dr. Augustinho Rigoti

Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Montañó Xavier

CURITIBA

2007

“Minoru hado atama o taruro ineho.”

(Quanto mais cheia está a espiga de arroz, mais ela inclina a sua cabeça.)

Anônimo

*Este trabalho é dedicado aos meus pais,
Carlos e Mercedes,
a minha família,
a Lenny minha grande parceira,
aos meus amigos,
e a minha pátria, hoje ameaçada.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores Prof. Dr. Ernani da Rosa Filho, por ter confiado na idéia do projeto; Prof. Dr. Augustinho Rigoti pelas suas amplas sugestões e ajuda, e ao Prof. Dr. Jorge Montaña Xavier pelo apoio dado.

Aos professores da banca e da qualificação, pelas suas críticas e oportunos comentários e correções, Prof. Dra. Mônica Lopes Gonçalves, Prof. Dr. André Celligoni e ao Prof. Dr. Francisco Ferreira.

A ALHSUD pelo apoio financeiro durante estes dois anos, pela sua compreensão, objetividade e tolerância.

Ao AyA (Acueductos Y Alcantarillados) de Liberia, pela sua cooperação, especialmente as seguintes pessoas: Maria Gómez, Carlos Vargas, Mauricio Vázquez, Luis Avila, Federico Arellano, , Cayetano Mendez, Carlos Leiva, Xinia Araya, Olga Acevedo, Xinia Vega, Maritza Villalobos, Douglas Bolaños, Mario Ruiz, Melvin, Melvin Hidalgo, Viviana Ramos, Manuel Vargas, Rodolfo A., Francisco, Marvin, Sofia Duarte, Mauricio Silva, Victor Julio Rodríguez, Grace Garcia, Nelson A.

Aos meus colegas geólogos costarriquenhos, sempre fortes na labora de campo e ajuda em todos os aspectos: Pablo Herrera, Natalia Montes, Esteban Bonilla, Natalia Zamora, Pedro Acosta, Alex Padilla, Catalina Vargas, Oscar Lucke, Gelu López Molina, Pablo Ruiz e Stephanie Murillo.

Ao pessoal e docentes da ECG (Escuela de Geología da Universidad de Costa Rica), Prof. Dr. Mario Arias, Prof. MSc. Teresita Aguilar, Prof. Dr. Günter Schosinsky, Prof. MSc. Rolando Mora e Marieta Bravo, pela confiança e empréstimo dos equipamentos e realização dos ensaios geotécnicos. A Prof. MSc. Elena Badilla e Clara Fernández. A “Javito” pelas horas de trabalho e amizade no laboratório de análises geotécnicas da ECG.

Ao ICT (Instituto Costarricense de Turismo), particularmente a Ronald Peña, Javier Bolamos e a “Don Miguel” e a “Don Gumer”.

Aos colegas do LPH pelo seu conhecimento científico e humano, Alex Gregório, Prof. MSc. Eduardo Hindi, Daniela Kuss, Camila Muller, Gustavo Athayde e Prof. Dr. André Virmont.

Ao corpo técnico e docente do Departamento de Geologia da Universidade Federal do Paraná (UFPR), e aos colegas da Pós: Luis Gustavo Castro, Camile Urban, Sebastião Silva, William Vargas e Nicole Borchardt pela sua companhia.

À família Alpízar Barquero pelo amor e carinho.

Aos meus amigos Catalina Guevara e Alex Klein, à Renata, Maria Tereza, Ricardo, Dona Ci-Clair e a sua família.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACÕES ENOMENCLATURAS.....	xi
ABSTRACT	xv
RESUMO.....	xvi
1.INTRODUÇÃO.....	1
1.1 INTRODUÇÃO.....	1
1.2 JUSTIFICATIVA.....	1
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	2
2.DESCRICÃO FISIAGRÁFICA GERAL.....	5
2.1 LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DE PLAYA PANAMÁ.....	5
2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	5
2.2.1 Direção e velocidade dos ventos.....	6
2.2.2 Temperatura ambiente.....	7
2.2.3 Distúrbio climático “El Niño”.....	7
2.3 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS.....	7
2.4 CONTEXTO GEOLÓGICO.....	8
2.4.1 Arcabouço geotectônico e geológico regional.....	8
2.4.2 Feições geológicas locais.....	9
2.4.2.1 Complexo de Nicoya.....	9
2.4.2.2 Formação Bagaces.....	10
2.4.2.3 Depósitos Recentes.....	12
2.5 SOLO E VEGETAÇÃO.....	14
2.5.1 Solos.....	14
2.5.2 Vegetação.....	17
2.6 USO ATUAL DA TERRA E ATIVIDADES ECONÔMICAS.....	18
3. CONSIDERAÇÕES HIDROLÓGICAS.....	20
3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROGRÁFICAS LOCAIS.....	20
3.2 REGIME PLUVIAL.....	20
3.3 EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL.....	22

3.4	CAPACIDADE DE INFILTRAÇÃO.....	24
3.5	RECARGA POTENCIAL.....	27
3.5.1	Método de Schosinky.....	28
3.5.1.1	kd (Infiltração por declividade).....	28
3.5.1.2	kv (Infiltração por vegetação).....	29
3.5.1.3	Kfc (Infiltração por textura do solo).....	30
3.5.1.4	Capacidade de campo (CC) e ponto de murchamento (PM).....	32
3.5.1.5	Profundidade das raízes.....	33
3.5.2	Cálculo da recarga potencial em cada unidade geológica.....	33
3.6	ESCOAMENTO SUPERFICIAL.....	36
4.	CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA ESTUDADA.....	37
4.1	AQUÍFEROS SECUNDÁRIOS.....	37
4.2	POÇOS EXISTENTES.....	37
4.2.1	Vazão atual de poços.....	39
4.3	MODELO CONCEITUAL DA ZONA AQUÍFERA.....	40
4.4	CARACTERÍSTICAS HIDRODINÂMICAS SUBTERRÂNEAS.....	43
4.4.1	Zona não saturada (ZNS).....	43
4.4.2	Zona saturada (ZS).....	43
4.5	POTENCIOMETRIA E FLUXO SUBTERRÂNEO.....	46
4.5.1	Mapa potenciométrico	46
4.5.2	Descarga subterrânea potencial.....	48
4.6	INTERFACE ÁGUA DOCE-ÁGUA SALGADA.....	49
5.	HIDROQUÍMICA.....	50
5.1	HIDROQUÍMICA DE AQUÍFEROS COSTEIROS.....	50
5.2	ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DA ÁGUA SUBTERRÂNEA DA ÁREA ESTUDADA.....	50
5.2.1	Avaliação da consistência das análises físico-químicas.....	51
5.2.1.1	Balanço iônico.....	52
5.2.1.2	Condutância específica e Sólidos Totais Dissolvidos (STD).....	53
5.3	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DA ÁGUA E ÍNDICES HIDROGEOQUÍMICOS.....	54
5.3.1	Temperatura e potencial hidrogênio (pH).....	54
5.3.2	Condutância específica elétrica (C)	54

5.3.3	STD e alcalinidade e dureza totais.....	56
5.3.4	Cálcio e magnésio.....	57
5.3.5	Cloreto e sódio.....	59
5.3.6	Sulfato.....	60
5.3.7	Nitrato.....	60
5.4	AVALIAÇÃO POR MEIO DE DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS.....	61
5.4.1	Diagrama logarítmico (Schoeller).....	61
5.4.2	Diagrama de Durov.....	61
5.5	CLASSIFICAÇÃO HIDROQUÍMICA.....	63
5.5.1	Íons principais.....	63
5.5.2	Classificação de Schoeller.....	63
5.5.3	Classificação pela dureza.....	64
5.5.4	Classificação SAR.....	64
5.6	QUALIDADE DA ÁGUA.....	65
6.	GEOFÍSICA	66
6.1	MÉTODO DE RESISTIVIDADE COM CORRENTE CONTÍNUA.....	66
6.1.1	Sondagens elétricas verticais (SEVs).....	67
6.1.2	Caminhamento elétrico.....	74
6.2	CONDUTIVIMETRIA.....	75
7.	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	83
8.	CONCLUSÕES.....	91
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
	APÊNDICES.....	97
	ANEXOS.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Dados meteorológicos da Estação Liberia.....	22
Tabela 2.	ETP obtida a partir dos dados meteorológicos da estação Liberia e a aplicação da fórmula de Hearn.....	23
Tabela 3.	Estatística descritiva da Ci calculada para cada unidade geológica.....	25
Tabela 4.	Valores de Ci dos depósitos recentes.....	27
Tabela 5.	Valores de Kd propostos pelo método de Schosinsky.....	29
Tabela 6.	Declividade média e Kd para cada unidade geológica.....	29
Tabela 7.	Valores de Kv propostos pelo método de Schosinsky.....	29
Tabela 8.	Resultado das análises geotécnicas das amostras coletadas.....	32
Tabela 9.	Valores de CC e PM referidos pelo método de Schosinsky.....	32
Tabela 10.	Valores de CC e PM utilizados nas unidades geológicas.....	33
Tabela 11.	Recarga potencial média anual de cada unidade geológica	34
Tabela 12.	Vazão média histórica usada nos testes de bombeamento nos poços da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	39
Tabela 13.	Vazão mínima total extraída atualmente na zona aquífera de Playa Panamá.....	39
Tabela 14.	Dados hidrodinâmicos obtidos a partir dos ensaios de bombeamento realizados nos poços da zona aquífera de Playa Panamá.....	45
Tabela 15.	Composição química típica da água do mar.....	50
Tabela 16.	Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas em poços rasos na zona aquífera de Playa Panamá.....	51
Tabela 17.	DBI dos resultados analíticos das amostras coletadas.....	52
Tabela 18.	Diferenças (%) entre as condutâncias medidas no laboratório no campo.....	53
Tabela 19.	Erros (%) entre os STD calculados pelos métodos das espécies iônicas e de Hem (1985).....	53
Tabela 20.	Valores de Kr das amostras coletadas.....	57
Tabela 21.	Índices de saturação em relação à calcita e razão entre as concentrações de Ca e Mg das amostras coletadas.....	58
Tabela 22.	Razões iônicas que envolvem teores de Na e Cl das amostras coletadas	59
Tabela 23.	Comparação dos resultados obtidos a partir das SEVs com os registros litológicos de alguns poços da zona aquífera.....	72
Tabela 24.	Principais parâmetros da perfilagem eletromagnética utilizada.....	78
Tabela 25.	Valores médios dos principais parâmetros medidos na ZNZ.....	85
Tabela 26.	Balanço hídrico final da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Localização da área de estudo.....	6
Figura 2.	Coluna cronoestratigráfica da área de estudo.....	9
Figura 3.	Mapa geológico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	11
Figura 4.	A) Grau de fraturamento dos basaltos do Complexo de Nicoya B) Discordância angular entre os ignimbritos e os basaltos.....	12
Figura 5.	A) Vista do cordão dunar B)Tipos de vegetação sobre o cordão dunar C) Estrutura laminar do cordão dunar D)Conglomerado imbricado ao oeste da praia.....	13
Figura 6.	Seção medida do afloramento principal dos depósitos continentais.....	14
Figura 7.	A) Detalhe da laminação interna dos conglomerados angulares B) Estratificação cruzada angular C) Paleocanal da base do afloramento D) Restos da material vegetal.....	15
Figura 8.	Contato entre os basaltos e os depósitos continentais.....	15
Figura 9.	Mapa pedológico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	17
Figura 10.	Vista da floresta sempre verde (planície costeira) e semidecidua (serras).....	18
Figura 11.	Mapa de uso atual da terra na bacia hidrográfica de Playa Panamá....	19
Figura 12.	Modelo de elevação digital do terreno da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	21
Figura 13.	Histograma de precipitação média mensal da estação pluviométrica Playa Panamá (Período 1977-1981).....	22
Figura 14.	Histograma da variação da ETP mensal ao longo do ano segundo os dados da estação Liberia.....	26
Figura 15.	Método de Mütz o duplo anel para determinar a capacidade de Infiltração.....	24
Figura 16.	Mapa de localização das provas de infiltração.....	25
Figura 17.	Mapa de capacidade de infiltração dos Depósitos Recentes.....	26
Figura 18.	Mapa clinográfico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	30
Figura 19.	Coleta de amostra para análise geotécnica.....	31
Figura 20.	Períodos de maior potencialidade para a Rp da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	35
Figura 21.	Períodos de ocorrência da Rp anual no Complexo de Nicoya e na Formação Bagaces.....	35
Figura 22.	Períodos de ocorrência da Rp anual nos depósitos recentes.....	35
Figura 23.	Mapa de localização de poços construídos na bacia hidrográfica de Playa Panamá.	38
Figura 24.	Localização dos poços com informação litológica e das linhas das seções hidrogeológicas.....	40

Figura 25.	Correlação das seções litológicas registradas dos poços na bacia hidrográfica de playa panamá.....	41
Figura 26.	Perfis hidrogeológicos do setor central da zona aquífera da bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	42
Figura 27.	Ensaio de bombeamento no poço CN-283.....	44
Figura 28.	Gráficos dos ensaios de bombeamento dos poços CN-231 e CN-283.....	45
Figura 29.	Medição do nível da água do poço 99-030.....	46
Figura 30.	Mapa potenciométrico da zona aquífera na bacia hidrográfica de Playa Panamá.....	47
Figura 31.	Relações entre C e STD calculados, dureza total, alcalinidade total, Cl, Na e distância relativa à costa.....	55
Figura 32.	Variação de C no tempo no ensaio de bombeamento do poço CN-283.....	56
Figura 33.	Correlação entre a dureza total e o Ca e o Mg.....	57
Figura 34.	Diagrama logarítmico das amostras físico-químicas estudadas.....	61
Figura 35.	Diagrama de Durov das amostras físico-químicas estudadas.....	62
Figura 36.	Classificação das águas segundo o índice SAR.....	64
Figura 37.	Equipamento geofísico utilizado nos ensaios de resistividade com corrente contínua.....	67
Figura 38.	Localização dos ensaios de resistividade com corrente contínua.....	68
Figura 39.	Disposição dos eletrodos no arranjo Schlumberger.....	69
Figura 40.	Resultados da inversão da resistividade aparente das SEVs realizadas sobre a zona aquífera.....	70
Figura 41.	Resultados da inversão da SEV 13.....	73
Figura 42.	Horizonte superior dos ignimbritos na SEV13.....	74
Figura 43.	Pseudoseções elétricas e inversão do modelo a partir dos dados de resistividade aparente.....	75
Figura 44.	Mapa de localização dos perfis eletromagnéticos.....	77
Figura 45.	Resultados de condutivimetria do perfil A-A'.....	78
Figura 46.	Resultados de condutivimetria do perfil B-B'.....	79
Figura 47.	Resultados de condutivimetria do perfil C-C'.....	80
Figura 48.	Resultados de condutivimetria do perfil D-D'.....	81
Figura 49.	Mapa de resistividade aparente dos sedimentos para AB/2 igual a 2m.....	84
Figura 50.	Mapa de resistividade aparente dos sedimentos para AB/2 igual a 15m.....	87
Figura 51.	Mapa de isopácas dos depósitos da zona aquífera de Playa Panamá.....	88

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIACIONES E NOMENCLATURAS

a	- Separação entre eletrodos, em metros
AB/2	- Metade da distância entre eletrodos A e B
AyA	- Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados
Alc	- Alcalino
AM	- Separação entre eletrodos A e M, em metros
AN	- Separação entre eletrodos A e N, em metros
a priori	- Do latim: “anteriormente”
BM	- Separação entre eletrodos B e M, em metros
BN	- Separação entre eletrodos B e N, em metros
C	- Condutância específica, expresso em $\mu\text{S}/\text{cm}$
°C	- Graus centígrados
Ca	- Calcio
CaCO ₃	- Carbonato de Cálcio
CE	- Caminhamento Elétrico
Cl	- Cloreto
Ci	- Capacidade de infiltração, expresso em cm/s
CC	- Capacidade de Campo, expresso em percentagem
CCT	- Centro Científico Tropical
CN	- Complexo de Nicoya
CN-	- Pertencente à carta topográfica Carrillo Norte
CO ₂	- Dióxido de Carbono
cm	- Centímetros
DBI	- Diferença do Balanço Iônico, expresso em percentagem
ΔV	- Diferença de potencial, expresso em voltios
DR	- Depósitos Recentes
E	- Espessura, em metros
€	- Constante, método de Hem
ECGCR	- Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica
et al.	- Do latim: “e outros “ para publicações que tenham mais de três autores
ETP	- Evapotranspiração Potencial, expresso em mm
ETR	- Evapotranspiração Real, expresso em mm
>	- Expressão: “maior que”
<	- Expressão: “menor que”

=	- Expressão: “igual a”
~	- Expressão: “aproximadamente”
±	- Expressão: “mais, menos”
F	- Flúor
FB	- Formação Bagaces
GCM	- <i>Ground Conductivity Meters</i>
GPS	- <i>Global Position System</i>
h	- horas
h	- Teor de umidade, expresso em percentagem
HCO ₃	- Bicarboneto
HDM	- <i>Horizontal Dipole Mode</i>
h_f	- Altitude do nível freático, em metros
h_s	- Espessura média saturada, em metros
i	- Gradiente potenciométrico, adimensional
I	- Infiltração
I	- Corrente elétrica, expresso em Ampers
icb	- Índice de troca de bases, adimensional
I_p	- Infiltração potencial, expresso em mm
IS	- Índice de Saturação, adimensional
IGNCR	- Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica
In situ	- Do latim: “no local”
IMN	- Instituto Meteorológico Nacional
INEC	- Instituto Nacional de Estatística e Censos
K	- Potássio
K	- Condutividade hidráulica, expresso em cm/s
κ	- Coeficiente Geométrico
K_c	- Coeficiente de infiltração por folhagem
K_d	- Coeficiente de infiltração por declividade
K_{fc}	- Coeficiente de infiltração por textura do solo
K_g	- Quilograma
km	- Kilómetros
K_r	- Índice do conteúdo de CO ₂ dissolvido, adimensional
K_v	- Coeficiente de infiltração por vegetação
L	- Litros
L	- Comprimento da frente do aquífero, em metros
LNA	- Laboratório Nacional de Águas (AyA)
m	- Metros

Ma	- Milhões de anos
MAG	- Ministério de Agricultura e Ganadería
MDE	- Modelo Digital de Elevação
mg	- miligramas
meq	- Miliequivalentes
Mg	- Magnésio
μS	- MicroSiemen
mm	- Milímetros
Na	- Sódio
NE	- Nordeste
ne	- Nível estático
nd	- Nível dinâmico
NO	- Noroeste
NO_3	- Nitrato
η	- Porosidade, expresso em percentagem
Ω	- Ohm
ONU	- Organização das Nações Unidas
op. cit.	- Do latim “Opere citato”, referindo-se à algo que já foi mencionado
OPSA	- Oficina de Planificación Sectorial Agropecuária
P	- Precipitação, expresso em mm
ρ	- Densidade, expresso em Kg/m^3
ρ	- Resistividade elétrica, expresso em Ωm
‰	- Partes por mil
%	- Percentagem
ρ_r	- Resistividade da fração rochosa, expresso em Ωm
ρ_{cl}	- Resistividade da fração argilosa, expresso em Ωm
ρ_w	- Resistividade dos poros do fluido, expresso em Ωm
pH	- Potencial de hidrogênio, adimensional
Pi	- Precipitação que se infiltra, expresso em mm
π	- 3,1415
PM	- Ponto de Murchamento, expresso em percentagem
PO_4	- Fósforo
φ	- Porosidade da fração rochosa
PPM	- Poço Playa Panamá
PRIC	- Polígonos de Relações Iônicas
Q	- Vazão, expresso em L/s
R	- Resistência elétrica

r	- Atividade iônica, expresso em meq/L
RA	- Radiação extraterrestre no topo da atmosfera (MJul/dia)
Rp	- Recarga Potencial, expresso em mm
S	- Salinidade da água, expresso em ‰
S	- Coeficiente de armazenamento, adimensional
s	- Segundo
SAR	- <i>Sodium Adsorption Ratio</i> , adimensional
Sc	- Setor central
SE	- Sudeste
SENARA	- Servicio Nacional de Aguas, Riego e Avenamiento
SEV	- Sondagem Elétrica Vertical
SIG	- Sistema de Informação Geográfico
σ	- Condutividade elétrica, expresso em mmhos*m ⁻¹
Snd	- Setor nordeste
Sno	- Setor noroeste
SO	- Sudoeste
SO ₄	- Sulfato
STD	- Sólidos Totais Dissolvidos
Σ	- Somatória
Ss	- Setor sul
SUCS	- Sistema Unificado de Classificação de Solos
S _w	- Grau de saturação
T	- Transmissividade, expresso em m ² /dia
TDEM	- <i>Time Domain Electromagnetic</i>
Φ	- Temperatura da água, expresso em °C
γ_{nat}	- Peso específico natural
V	- Volume, expresso em m ³
VDM	- <i>Vertical Dipole Mode</i>
x	- Expressão: “multiplicar por”
z	- Profundidade da zona de dispersão salina
ZCIT	- Zona de Convergência Intertropical
ZS	- Zona Saturada
ZNS	- Zona Não Saturada

ABSTRACT

MURILLO, D. *Hydrogeological analysis, empathized in applied geophysics, of coastal aquifer of Playa Panamá's hydrografic basin, Guanacaste, Costa Rica*. 128 p. Msc. (Dissertation). Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná. Curitiba 2007.

The study area is represented by a coastal micro-basin of 20,2 km², localized on the northwest of Costa Rica, Central America, along to the coastline of the Pacific Ocean. The area has a dry tropical climate, with two seasons, the wet season from May to November and the dry season from December to April; this last one with a monthly rain average of 22 mm. During this period the tourist activity increases together with the demand for subterranean water. The coastal aquifer of Playa Panamá is used for the local supply of approximately 250 people and for the supply of local hotels, some of them localized in another beach with a lower hydric potential. The aquifer exploitation has been done without a good hydrogeological understanding, making it very vulnerable, because it is an aquifer with a potential for a salt intrusion. The aquifer of Playa Panama is unconfined and porous, it has a homogenous composition (mainly basaltic) and a grosser grain texture (boulders and sands); on its top, it shows a clay horizon with variability in its thickness. The potential hydric recharge was calculated with a soils balance method, showing a result of 325 mm/year for the whole basin. This hydric recharge is distributed in three geologic units with the following discharges: Nicoya Complex (basalts) and Bagaces Formation (ignimbrites) 169 L/s/year; quaternary unity 37 L/s/year, making this one, the main aquifer. The potential hydric of this aquifer is inferior to 115 L/s/year, that means that 75 % of the recharge is indirect from the others geologic units. The conceptual aquifer model was determined using the records in hydrogeologic wells, and complemented by new resistivity and conductivity measurements. The results confirmed the variability of sediments thickness, which is lower going seaward. The applied geophysics allowed to make the characterizations of the salt intrusion process; the two used methods were effective to delineate the saline dispersion zone, which reaches the total sediment thickness at a distance of 70 m from the highest tidal point. The physic-chemical analyses showed that the calcic-magnesian characteristics of the water are product of the basalts of the Nicoya Complex and suggested the existence of a non polluted condition. The lower rate discharge of wells relative to the hydric potential; and the transmissivity and geometry of the porous aquifer, are factors that would be controlling the salt intrusion process.

Key-words: coastal aquifer, salt intrusion, resistivity and electromagnetic methods, Costa Rica.

RESUMO

MURILLO, D. *Análise hidrogeológica, com ênfase na aplicação de métodos geofísicos, do aquífero costeiro na bacia hidrográfica de Playa Panamá, Província de Guanacaste, Costa Rica*. 128 p. Dissertação (Mestrado). Departamento de Geologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba 2007.

A área de estudo é representada por uma microbacia costeira cuja superfície corresponde a 20,2 km² e está localizada no noroeste da Costa Rica, América Central, litoral do Oceano Pacífico. É caracterizada por um clima tropical seco com duas estações bem definidas, de maio a novembro a estação é chuvosa e de dezembro até abril a estação é seca, onde as precipitações atingem uma média mensal de 22 mm. Neste último período a atividade turística regional aumenta, e com ela a demanda pelo uso da água subterrânea. O aquífero costeiro de Playa Panamá é utilizado para o abastecimento local de aproximadamente 250 habitantes, provendo aos principais hotéis, inclusive alguns destes situam-se em outra praia com potencial hídrico menor. A exploração do aquífero se dá sem nenhum conhecimento da hidrogeologia, do que decorre grande vulnerabilidade, principalmente por se tratar de um aquífero susceptível à ascensão da cunha salina. O reservatório hídrico poroso é do tipo livre, de composição homogênea e textura grossa (seixos e areias); a seu topo apresenta um horizonte de textura argilosa e de distribuição e espessura variáveis. A recarga potencial total foi calculada por meio do balanço hídrico de solos, e indicou uma recarga potencial média de 325 mm/ano para a bacia hidrográfica toda. Esta recarga está distribuída em três unidades geológicas, sendo que as vazões equivalentes foram: Complexo de Nicoya (basaltos e intrusivos) e Formação Bagaces (ignimbritos e conglomerados) 169 L/s/ano e os Depósitos Recentes 37 L/s/ano. Esta última unidade representa ao aquífero principal. O potencial hídrico disponível do aquífero poroso estimado foi equivalente a uma vazão menor do que 115 L/s/ano; a sua recarga é principalmente indireta, sendo que 75% desta é oriunda da água infiltrada nas unidades hidrogeológicas secundárias, representadas pelos basaltos e os ignimbritos. O modelo conceitual do aquífero foi determinado por meio de registros litológicos de poços e por meio de ensaios geofísicos de resistividade com corrente contínua e condutivimetria. Os resultados revelaram uma variabilidade na espessura dos sedimentos que compõem o aquífero, sendo que a mesma diminui em direção ao mar. A aplicação geofísica também permitiu caracterizar o processo de intrusão salina, os métodos utilizados mostraram-se eficazes no delineamento da zona de dispersão salina, a qual estaria encaixada nos sedimentos até uma distância inferior a 70 m a partir da linha de maré alta. Os resultados das análises físico-químicas atestaram que

as características cálcio-magnesianas da água são resultantes dos basaltos, e que o processo de intrusão ainda não é significativo. A menor descarga por poços em relação ao potencial hídrico máximo disponível, a alta transmissividade ($\sim 1820 \text{ m}^2/\text{dia}$) e a geometria do aquífero, são fatores que estariam controlando a dinâmica da cunha salina.

Palavras chave: aquífero costeiro, intrusão salina, métodos elétrico e eletromagnético, Costa Rica.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento atual da Costa Rica é baseado no aproveitamento dos seus recursos naturais, os quais entre outros aspectos, sustentam principalmente a atividade turística nacional. Este tipo de política econômico-ambiental é favorável no que tange a se alcançar um equilíbrio sustentável entre a exploração dos recursos e a sua conservação. O recurso água, bem referido como recurso hídrico; representa atualmente o alvo mais relevante e que é comum a todos os setores da sociedade.

Na Península de Nicoya, que abrange as províncias de Guanacaste e Puntarenas no Pacífico Norte do país, existem 24 sistemas aquíferos costeiros que estão formados em depósitos quaternários. Os mais importantes estão muito próximos a atingir sua capacidade máxima de exploração e, por esta razão têm apresentado evidências de um desequilíbrio ambiental. Losilla (1993), menciona 9 praias da região com poluição salina. Arellano e Vargas (2001) atestam indícios de poluição salina em quatro desses aquíferos devido à sobre-exploração e à diminuição da sua recarga potencial, sendo esses produtos das atividades antrópicas.

O princípio para um desenvolvimento sustentável da exploração de um recurso hídrico subterrâneo é o de se conhecer em detalhes as propriedades e capacidades de cada aquífero.

O potencial hídrico das zonas aquíferas da Península de Nicoya está limitado pela extensão superficial dos depósitos recentes, sendo que estes armazenam a água infiltrada nas bacias hidrográficas locais, as quais são caracterizadas por apresentar áreas de maior ou menor extensão. Outro fator limitante é o clima da região que segundo a ONU (1975), se distingue por apresentar um período seco, de até cinco meses com uma precipitação anual média de 1822 mm.

1.1 Justificativa

A zona aquífera de Playa Panamá faz parte da microbacia hidrográfica homônima. Esta zona costeira é superficialmente uma das menores do Pacífico Norte da Província de Guanacaste. A sua localização é próxima de Bahia Culebra, região que apresenta vetores turísticos bem desenvolvidos; o crescimento de sua infraestrutura civil é atualmente muito acelerado, e, por conseguinte, a demanda pelo recurso hídrico de boa qualidade.

A infraestrutura turística em Playa Panamá é pouco desenvolvida. Ela conta apenas com 4 hotéis de moderada capacidade, sendo que a população local não

supera 250 habitantes (INEC, 2003). A previsão, porém, dos próximos anos é desenvolver projetos maiores capazes de atender uma demanda superior. Por outro lado, o menor potencial hídrico da bacia hidrográfica vizinha de Playa Hermosa, com um desenvolvimento turístico maior, tem provocado a exportação do recurso hídrico desde o aquífero de Playa Panamá. Estas duas situações exigem o conhecimento do potencial hidrogeológico da área, e particularmente do estágio atual do processo de intrusão salina, mencionado por Arellano e Vargas (2001).

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho consiste em analisar as condições geoambientais e as características do aquífero costeiro de Playa Panamá, com ênfase no processo de intrusão salina.

Os objetivos específicos são os seguintes:

1. Caracterizar os fatores geoambientais e climáticos que influenciam na hidrologia e hidrogeologia da bacia hidrográfica;
2. Caracterizar as feições hidrogeológicas gerais que controlam a hidrodinâmica do aquífero;
3. Estabelecer o modelo conceitual geral do aquífero;
4. Estimar o potencial hídrico do aquífero;
5. Caracterizar hidroquimicamente as águas do aquífero.
6. Aplicar métodos de resistividade com corrente contínua e condutividade no domínio da frequência para complementar o modelo conceitual do aquífero poroso e definir a localização da zona de possível intrusão salina.

1.3 Materiais e métodos

Os materiais utilizados neste trabalho foram cartas topográficas básicas e digitais, fotografias aéreas, programas computacionais e equipamentos específicos de campo.

A carta topográfica básica foi empregada para a avaliação inicial da área de estudo, sendo que o complemento do trabalho foi feito em campo. O nome da carta é Carrillo Norte, escala 1:50 000, folha número 3047- I, executada pelo Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica (IGNCR), no ano 1988.

A avaliação inicial da área implicou também na avaliação por meio de fotografias aéreas, escala 1:60 000, obtidas pelo projeto Terra do IGNCR, em 1998.

O tratamento de dados espaciais, tais como localização de poços; ensaios hidrogeológicos e geofísicos; e pontos de amostragem, foi realizado utilizando uma base cartográfica digital, escala 1: 50. 000, com curvas de nível cada 20 m. Esta base cartográfica foi integrada em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), por meio do programa ILWIS[®] *Academic* versão 3.2. O programa foi usado para a interpolação de dados específicos, a exemplo, a capacidade de infiltração do solo e a resistividade elétrica. Na edição final de mapas temáticos, empregou-se o programa Corel Draw[®] 12. Cálculos específicos de alguns parâmetros hidrogeológicos, tais como recarga potencial, transmissividade e coeficiente de armazenamento, foram realizados em folhas eletrônicas especiais, as quais foram gentilmente cedidas por Schosinky e AyA . Os dados hidroquímicos foram examinados com o emprego dos programas PHREEQC versão 2 e QUALIGRAF. Os dados geofísicos foram trabalhados com os programas QWSELN[®], EARTHIMAGER[®] 2D (AVI), SURFER[®] versão 8 e o EM-342D-03, sendo este último elaborado por Monteiro (2004).

Os trabalhos foram desenvolvidos em três grandes etapas, as quais justapuseram-se entre si, tal como descrito a seguir:

1. Etapa exploratória: Abrangeu a revisão bibliográfica de estudos sobre os aspectos naturais e hidrogeológicos da bacia hidrográfica de Playa Panamá e áreas próximas da região do Pacífico Norte. Foram incluídas nessa revisão, as informações sobre os poços existentes, os dados meteorológicos e hidrogeológicos, bem como os estudos geológicos realizados na região.

2. Etapa de trabalho de campo: esta etapa foi efetuada em 7 meses, basicamente durante a estação seca. O trabalho foi realizado em 15 viagens à área de estudo para obter novos dados e informações, isto foi feito desde o mês de dezembro do 2005 até o mês de junho do 2006. As atividades incluídas nesta etapa foram as seguintes:

- Mapeamento e descrição das unidades e estruturas geológicas aflorantes;
- GeoReferenciamento de pontos de interesse (poços, afloramentos, etc), usando o GPS Garmim[®], modelo *Vista*;
- Realização de sondagens elétricas verticais (SEVs) e caminhamentos elétricos utilizando o equipamento ABEM[®] 1000 e de perfilações eletromagnéticas por meio do

instrumento EM-34 de Geonics®, ambos cedidos pela Escuela Centroamericana de Geologia da Universidad de Costa Rica (ECGCR). Em todos os ensaios foi empregado apenas o arranjo Schlumberger com abertura AB/2 máxima de 100 m. Para avaliar em detalhe as feições resistivas da zona aquífera deu-se ênfase aos primeiros 40 m de AB/2.

- Coleta de amostras para análises físico-químicas da água dos poços. As amostras foram levadas em bacia térmica com gelo para a sua análise no Laboratório Nacional de Águas (LNA) do Instituto Nacional de Acueductos e Alcantarillados (AyA), um dia após da coleta;

- Medição de parâmetros físicos *in situ* (pH, temperatura, condutância específica) das amostras de água coletadas, por meio de um condutímetro manual, cedido já previamente calibrado pelo laboratório químico da ECGCR;

- Medição de níveis da água em poços por meio de sonda elétrica;

- Realização de provas de infiltração por meio do método do duplo anel, utilizando dois anéis metálicos com diâmetros de 30 e 60 cm. Eles foram enterrados a 10 cm no solo e preenchidos com água até uma altura de 7,5 cm. Todas as provas demoraram 2 h. No total, foram avaliados 22 sítios de ensaio de infiltração. Sobre os basaltos do Complexo de Nicoya, foram realizados 3 ensaios, um nos ignimbritos e 18 nos depósitos recentes.

- Realização de ensaios de bombeamento, sendo que as medições dos níveis freáticos foram realizadas com sondas elétricas. Os testes foram analisados pelo método de Cooper-Jacob (1946), por meio de uma planilha eletrônica utilizada pelo AyA.

- Coleta de amostras de solo para análises geotécnicas. As amostras para determinação de umidade e pesos específicos foram protegidas com papel parafinado. As análises geotécnicas foram efetuadas no laboratório de geotécnica da ECGCR. Foram empregados os métodos de análise granulométrica, limites de Atterberg; peso específico natural (γ_{nat}); teor de umidade (h) e porosidade (η). A classificação do solo foi realizada com base no Sistema Unificado de Classificação Solos (SUCS), o qual considera os resultados dos ensaios granulométricos e os índices de Atterberg.

3. Etapa de análise final: esta etapa abrangeu a integração total dos dados obtidos e gerados em bases de dados e no SIG.

2. DESCRIÇÃO FISIAGRÁFICA GERAL

2.1 Localização da bacia hidrográfica de Playa Panamá

A área de estudo está localizada na Costa Rica, América Central, entre as coordenadas geográficas 10° 30' e 10° 40' latitude Norte e 85° 35' e 85° 45' longitude Oeste (Figura1). Situa-se na Província de Guanacaste, 21 km ao sudoeste da cidade de Liberia (segunda mais importante da província) e pertence ao município de Carrillo. Seu acesso pode ser feito através da rodovia nacional 1 (Interamericana Norte), até o km 77, rodovia nacional 21. A partir daí, a área pode ser atingida pelas rodovias 151 ou 254.

A bacia hidrográfica de Playa Panamá, com uma superfície de aproximadamente 20,2 km², situa-se no litoral Pacífico da Costa Rica, e forma parte das 24 zonas costeiras com potencial hídrico da Península de Nicoya. É limitada ao sul, leste e oeste por cinturões montanhosos, e ao norte pelo Oceano Pacífico, onde se localiza Playa Panamá, no contexto da Bahía Culebra.

A topografia da bacia hidrográfica de Playa Panamá é irregular e está condicionada a fatores geológicos. A altitude (referida sempre ao nível médio do mar) da bacia, varia de 0 m até 180 m. A vila de Playa Panamá localiza-se em altitudes inferiores a 20 m.

2.2 Aspectos climáticos

O clima da Costa Rica é influenciado por vários sistemas atmosféricos, a saber: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as chamadas “Ondas do Leste”, as frentes frias modificadas, os furacões e as circulações meteorológicas locais (Herrera, 1985).

A ZCIT é a área de interação entre os ventos alísios dos hemisférios norte e sul, sendo que estabelece o clima da Costa Rica desde maio até dezembro. Aporta abundantes precipitações, principalmente no litoral Pacífico, da ordem de 3000 mm/ano. Em dezembro, o anticiclone semipermanente das Bermudas consegue se movimentar mais ao sul da sua posição original (30° latitude norte). Assim a ZCIT transfere-se para o hemisfério sul, provocando grandes períodos secos no Vertente Pacífico da América Central, especialmente entre os 10 ° e 20 ° de latitude Norte (Herrera, 1985).

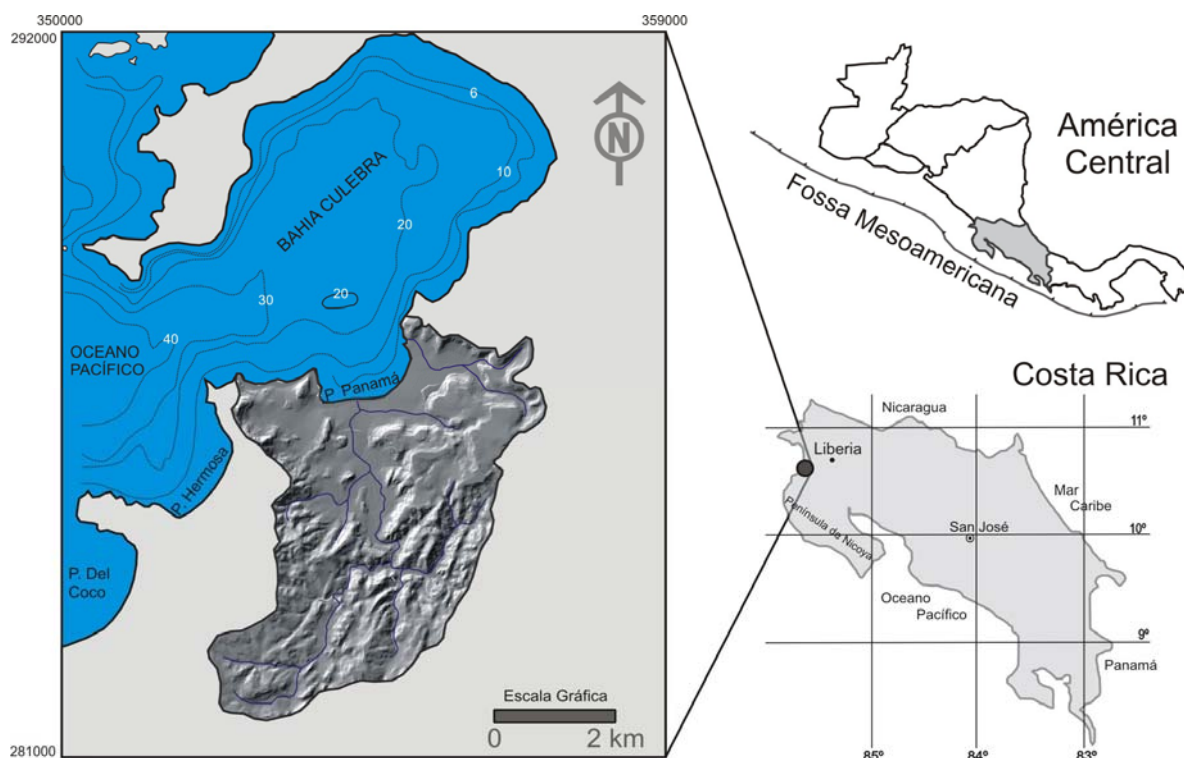


Figura 1. Localização da área de estudo.

O sistema atmosférico das ondas do leste são perturbações atmosféricas, se deslocam em sentido leste provocando alterações no tempo. Na Costa Rica, elas se apresentam de maio a outubro, e afetam principalmente a Vertente Caribe (Herrera, 1985).

O clima da bacia hidrográfica de Playa Panamá é do tipo subúmido a seco, muito quente, com pouco excesso de água e um índice de aridez maior do que 20 % (Herrera, 1985). Segundo a classificação de Holdrige (1978), a área de estudo corresponde ao bosque úmido tropical, com transição a premontano (CCT, 2002).

2.2.1 Direção e velocidade dos ventos

Os ventos da região Pacífica da Costa Rica estão influenciados pela ZCIT e pelo anticiclone semi-permanente das Bermudas, sendo que seus deslocamentos intensificam os ventos do nordeste (conhecidos como alísios, nortes ou papagayos). A maior frequência ocorre durante a época seca, entre os meses de dezembro e abril (Brenes e Lizano, 1994).

A velocidade dos ventos é menor do que 10,8 m/s na maior parte do ano, sendo que velocidades superiores se apresentam apenas durante a época seca. Percentualmente as direções dos ventos podem ser divididas da seguinte forma: oeste

> 20%, nordeste 20%, sudoeste 15% e leste 10% (Jiménez, 1998). Dados de velocidade do vento, disponibilizados pelo Instituto Meteorológico Nacional (IMN), referentes ao período 1974-2002, coletados pela estação meteorológica Liberia (situada a aproximadamente 11 km ao nordeste da bacia hidrográfica de Playa Panamá), indicaram médias mensais entre 6,2 km/h (outubro) e 20,2 km/h (fevereiro).

2.2.2 Temperatura ambiente

O regime térmico da Costa Rica mostra uma oscilação diária maior do que a oscilação mensal. Na Província de Guanacaste a variação de temperaturas é de 11°C. As temperaturas maiores são registradas nas faixas costeiras e terras baixas, especialmente na vertente Pacífica, a qual possui uma temperatura média de 27,6 °C e uma taxa de diminuição de 0,57 °C/100 m de elevação (Herrera, 1985).

Segundo o IMN (2003), dados do período 1971-2002, registrados pela estação meteorológica Liberia, forneceram temperaturas médias máximas mensais na faixa de 31,1°C a 35,9 °C e temperaturas médias mínimas mensais entre 20,7 °C e 23,4 °C.

2.2.3 Distúrbio climático “El Niño”

“El Niño” é o produto da interação oceano-atmosfera. Se expressa por um aquecimento geral dos estratos superficiais do Oceano Pacífico tropical central e oriental (Philander, 1990). Os efeitos de “El Niño” no clima do litoral norte do Pacífico na Costa Rica, manifestam-se com incrementos consideráveis da temperatura superficial do mar (Quirós, 1990) e com diminuição de precipitações (Fernández e Ramírez, 1991), entre outros.

Segundo o IMN (Jornal La Nación, b, 2006), o distúrbio de “El Niño” reapareceu no ano 2006, provocando uma redução das chuvas, principalmente no mês de setembro.

2.3 Aspectos oceanográficos

Salinidade, temperatura e densidade da água do mar

No Pacífico Norte da Costa Rica, a salinidade da água do mar varia com as mudanças sazonais. Na época chuvosa, a salinidade oscila entre 31,3 a 32,1 ‰ e na época seca atinge 33,4 a 34,4 ‰, sendo que este último período é influenciado pela

maior evaporação e pelas águas subsuperficiais. Tais flutuações sazonais contrastam com o resto do pacífico tropical, cujas variações não superam 0,1 ‰ (Brenes et al., 1995).

A temperatura superficial da água do mar em Bahía Culebra é influenciada pela ocorrência sazonal de águas frias no Golfo de Papagayo, a qual apresenta variações de até aproximadamente 4°C. A maior temperatura média ($27 \pm 0,1$ °C) é registrada entre maio e novembro, e a temperatura média mínima ($22,9 \pm 0,3$ °C) ocorre entre dezembro e abril (Jiménez, 1998).

Segundo Custodio (1987), a densidade da água do mar (ρ) pode ser obtida mediante a equação de van Dam, a saber:

$$\rho = 1000 + 0,80545 S - 0,0065 (\phi - 4 + 0,2214 S)^2$$

Onde: ρ = densidade da água em kg/m³

ϕ = Temperatura da água em °C

S = Salinidade em partes por mil (‰)

Com os dados disponíveis, a ρ mínima seria de 1019,4 Kg/m³ (na época chuvosa) e a ρ máxima seria de 1023,1 Kg/m³ (na época seca).

2.4 Contexto geológico

2.4.1 Arcabouço geotectônico e geológico regional

Geotectonicamente, a Costa Rica está inserida no contexto de uma zona de subdução ativa, controlada pela interação de duas grandes placas tectônicas, Cocos e Caribe, bem como pela atividade de uma microplaca recentemente denominada Panamá.

A área de estudo situa-se na zona do antearco, o qual é uma feição morfotectônica composta de cinturões montanhosos vulcânicos não ativos, localizados entre a fossa tectônica e a serra vulcânica ativa. Na Província de Guanacaste, o antearco constitui o eixo principal da Península de Nicoya, e apresenta uma direção NO-SE, paralela à zona de subdução. Segundo Denyer *et al.* (2001), a taxa de soerguimento do continente no Pacífico Norte seria de 1,6 mm/ano.

A bacia hidrográfica de Playa Panamá, pode ser denominada como uma microbacia de antearco devido a sua extensão superficial e sua localização. Este tipo de bacia recebe material gerado a partir da erosão das serras do antearco, e também material produzido pela da dinâmica costeira.

Os cinturões montanhosos que rodeiam a bacia hidrográfica de Playa Panamá possuem direção preferencial NE-SO. Eles são compostos por basaltos, radiolaritas e corpos intrusivos; em alguns setores há presença de ignimbritos oriundos da serra vulcânica ativa.

2.4.2 Feições geológicas locais

Na área de estudo podem ser identificados três conjuntos litológicos principais: o Complexo de Nicoya (CN); a Formação Bagaces (FB) e os Depósitos Recentes (DR ou Quaternários), sendo que estes últimos podem ser divididos em depósitos costeiros e depósitos continentais. A coluna estratigráfica mostrada na figura 2 resume as relações entre as unidades geológicas mencionadas.

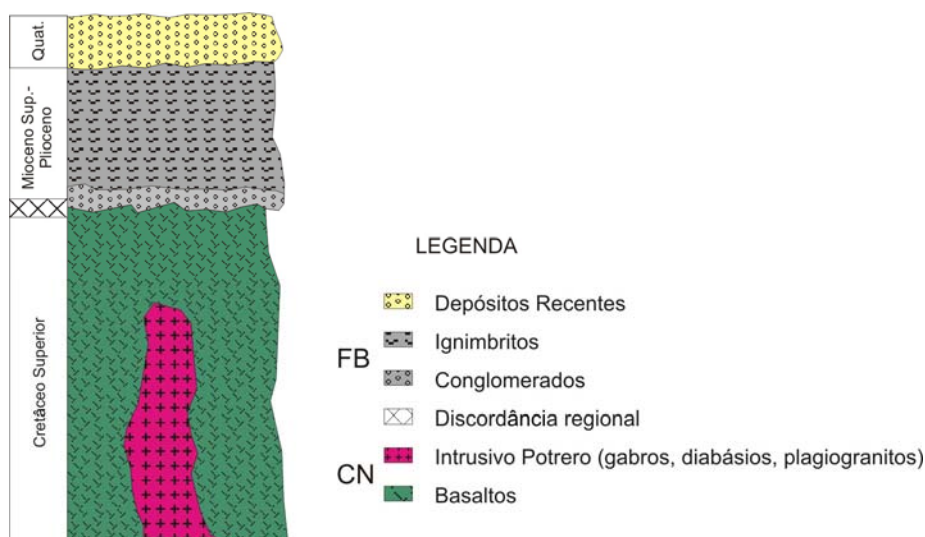


Figura 2. Coluna croestratigráfica da área de estudo.

2.4.2.1 Complexo de Nicoya (CN)

Este domínio geológico foi nomeado por Dengo (1962a). O Complexo Ofiolítico de Nicoya, inclui basaltos, radiolaritas e o Intrusivo Potrero, este último é composto por gabros, diabásios e plagiogranitos (Denyer e Arias, 1993). Sinton *et al.* (1997), indicam que a idade dos basaltos do norte da Península de Nicoya é de 88 a 90 Ma. Para o Intrusivo Potrero a idade seria de $83 \pm 1,3$ Ma.

Na bacia hidrográfica de Playa Panamá os basaltos abrangem $13,5 \text{ km}^2$ de superfície e afloram entre as cotas topográficas de 0 e 170 m, concentrando-se nos setores sul e oeste da região. O Intrusivo Potrero aflora em $0,4 \text{ km}^2$ de extensão

superficial ao nordeste da praia. As radiolaritas não foram reconhecidas na área de pesquisa (Figura 3).

Os basaltos apresentam cores verdes, cafés e até cinza. Em geral, os basaltos se caracterizam pelo seu intemperismo avançado e forte fraturamento, devido ao dinamismo tectônico próprio de zonas de subdução (Figura 4). Os solos residuais gerados pelos basaltos, são basicamente argilosos e têm espessuras de até 3 metros. As fraturas estão às vezes, preenchidas por material argiloso, e, algumas vezes, por preenchimento de minerais secundários, como zeólitas e calcita. Para Denyer e Arias (1993), os basaltos podem se distinguir do Intrusivo Potrero pela textura “arenitizada” que este último apresenta.

O Complexo de Nicoya foi observado em contato direto com ignimbritos da Formação Bagaces, na forma de discordância angular (Figura 4), bem como em contato com os depósitos recentes. Existem remanescentes montanhosos dos basaltos na planície costeira.

2.4.2.2 Formação Bagaces

A Formação Bagaces foi definida por Dengo (1962b). É composta por seqüências de fluxos piroclásticos (ignimbritos), por depósitos de púmice e por “oleadas” piroclásticas, os quais estão intercalados com sedimentos flúvio-lacustres e lavas andesíticas (Kussmaul, 2000); Gillot *et al.* (1994), indicam que a sua idade é de 8 a 1,6 Ma.

Na área de estudo, os membros de ignimbritos afloram principalmente no setor nordeste, e abrangem 2,4 km² de extensão superficial. Os ignimbritos também foram observados no topo de dois morros no setor oeste da bacia. Esta unidade geológica distingue-se pela sua geomorfologia de meseta, com topografia plana, a qual é evidente entre as cotas topográficas de 70 a 160 m de altitude (Figura 3).

Os ignimbritos são de cor cinza claro, no seu topo mostram-se geralmente muito fraturados, inclusive com estruturas de resfriamento hexagonais, porém também maciças (Figura 4). O solo gerado a partir destas rochas é argiloso e menor do que 0,5 m de espessura.

O contato inferior dos ignimbritos, é representado pelos basaltos do Complexo de Nicoya. Porém, foi observado um afloramento com presença de conglomerados entre ambas as unidades litoestratigráficas.

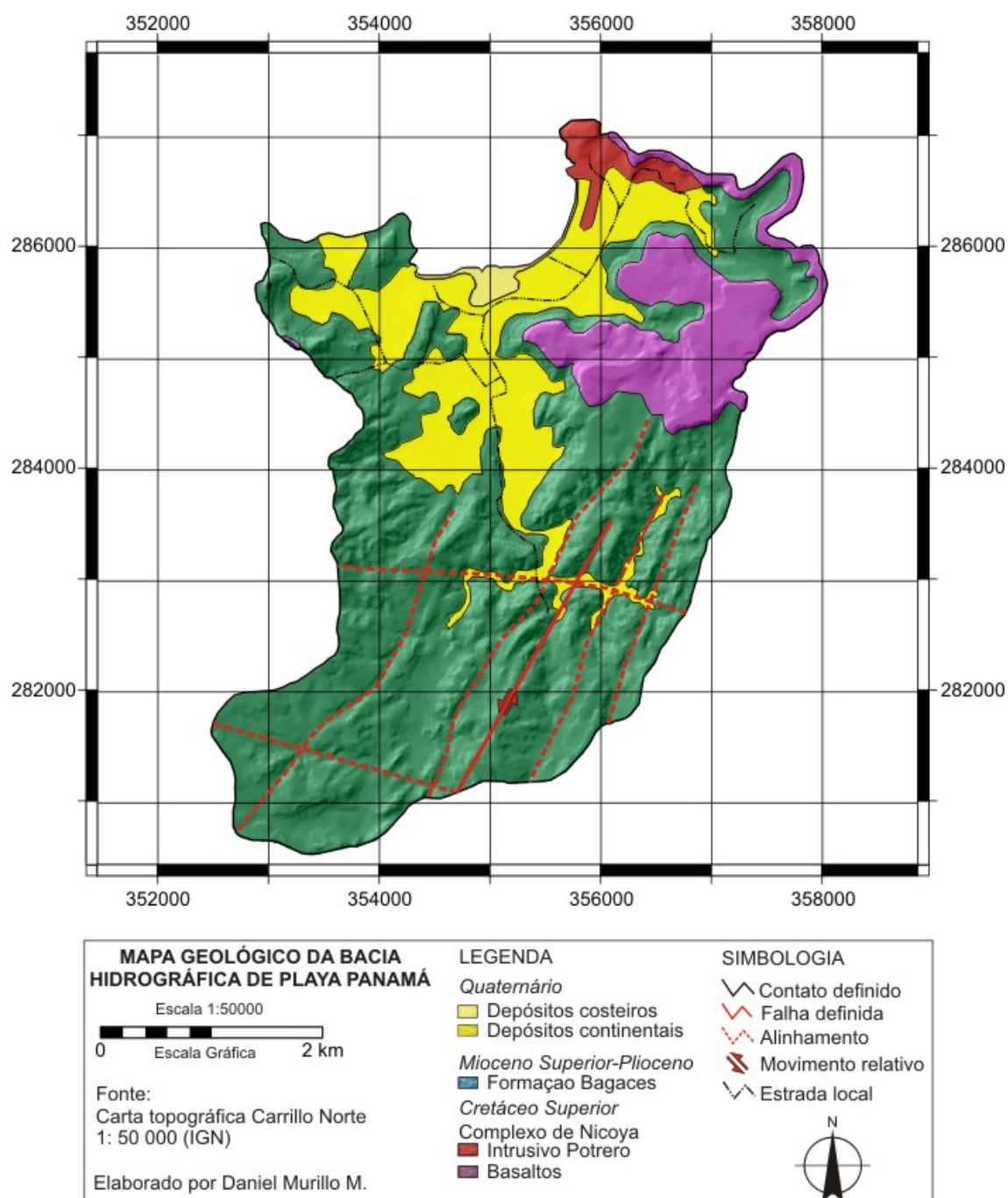


Figura 3. Mapa geológico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.



Figura 4. A) Grau de fraturamento dos basaltos do Complexo de Nicoya.
B) Discordância angular entre os ignimbritos e os basaltos.

2.4.2.3 Depósitos Recentes (Quaternários)

No presente estudo, a unidade geológica dos depósitos recentes, também chamados de quaternários, constitui o alvo principal das considerações hidrogeológicas posteriores. Para fins práticos, este domínio geológico foi dividido em dois tipos: depósitos costeiros e depósitos continentais.

Na bacia hidrográfica de Playa Panamá, os depósitos recentes abrangem 3,9 km², o que representa 17,5 % da área total (Figura 3). Os depósitos costeiros envolvem dois tipos de sistemas deposicionais: a planície costeira com cordão litorâneo e o sistema estuarino (manguezal). Os depósitos continentais pertencem aos sistemas deposicionais fluvial e coluvial. Não existem dados de idade absoluta para esta unidade litoestratigráfica.

2.4.2.3.1 Depósitos costeiros

Os depósitos costeiros incluem a praia, o cordão de dunas frontais e o manguezal formado na desembocadura do rio Panamá. Estes depósitos localizam-se na zona supramaré, ao longo da faixa litorânea, a qual tem forma côncava e aproximadamente 2 km de comprimento.

O cordão de dunas frontais é incipiente, possui uma altura menor do que 1 m sobre o nível da zona intermaré, sua largura varia de 20 a 40 m e a sua inclinação é praticamente nula. As dunas menores são de forma cônica. Sobre o cordão dunar existem diferentes tipos de vegetação, algumas bem desenvolvidas. O cordão mostra evidências de erosão ocasionada por ondas de tempestade (Figura 5).

Os sedimentos que compõem o cordão dunar são de granulometria tipo areia, porém, no setor oeste da praia formam-se depósitos de conglomerados imbricados. As dunas mostram estrutura laminar paralela e marcas de “ripples” geradas pelo vento (Figura 5).

O manguezal se localiza no setor central da praia, está coberto de vegetação e composto por sedimentos de granulometria tipo silte e areia fina. Na época do verão conservar-se praticamente seco e com pouca influência da maré.



Figura 5. A) Vista do cordão dunar incipiente. B) Tipos de vegetação sobre o cordão dunar, note-se a erosão pelas ondas de tempestade. C) Estrutura laminar do cordão dunar. D) Conglomerado imbricado ao oeste da praia.

2.4.2.3.2 Depósitos continentais

Os depósitos continentais são, na sua maior parte, materiais fluviais gerados pela deposição de sedimentos dos rios Panamá e Rocha. Estes materiais se estendem até 3 km desde a linha de costa e sua largura é variável, assim como sua distribuição na planície costeira que é irregular e apresenta-se entre os 0 e 50 m de altitude. Esta unidade inclui também os materiais coluviáis, os quais constituem pequenos depósitos de cascalho e seixos localizados ao pé das serras.

Os depósitos fluviais são conglomerados angulares monomícticos (composição basáltica), com espessura máxima de 27 m na parte central da planície costeira. Os afloramentos desta unidade geológica são difíceis de serem visualizados, inclusive dentro do próprio leito dos rios. A descrição detalhada da seção geológica desta unidade é apresentada na figura 6.



Seção 1	Descrição Geológica	Vista do Afloramento
	198-213 cm- Seixos subangulosos bem selecionados. Lentes de cascalho grosso. Suporte por matrix.	
	158-198 cm- Cascalho fino a médio. Laminacao plano-onduladaEvidente nos primeiros 8 cm desde a base. Suporte por matrix. Gradação positiva.	
	128-158 cm- Cascalho médio bem selecionado. Lentes de cascalho fino. Laminacao plano-paralela e cruzada angular. Suporte por graus. Possui restos de matéria vegetal.	
	30-128 cm- Cascalho grosso intercalado com cascalho médio, camadas bem selecionadas com 1,5 a 7,5 cm de espessura, presença de lentes de seixos. Paleocanal, laminacao plano paralela e cruzada angular. Possui restos de materia vegetal.	
	0-30 cm- Seixos subangulosos, boa seleção. Suporte por graus.	

Figura 6. Seção do afloramento principal dos depósitos continentais.

Em geral, os conglomerados angulares possuem boa porosidade e apresentam estruturas sedimentares singenéticas (laminação paralela planar e cruzada angular), com gradação positiva, com paleo-canais e restos de material vegetal (Figura 7). Isto indicaria um ambiente predominantemente continental, de alta a moderada energia, e com influência das estações climáticas. O aporte dos materiais mais grossos se daria durante os períodos com excesso de água e os materiais mais finos durante épocas menos úmidas.

Os Depósitos Recentes estão em contato direto com o Complexo de Nicoya (Figura 8).

2.5 Solo e vegetação

2.5.1 Solos

Para caracterizar a associação de subgrupos de solos presentes na área de estudo, foram utilizados dados da OPSA (1978), Herrera (1985) e o MAG (1996).

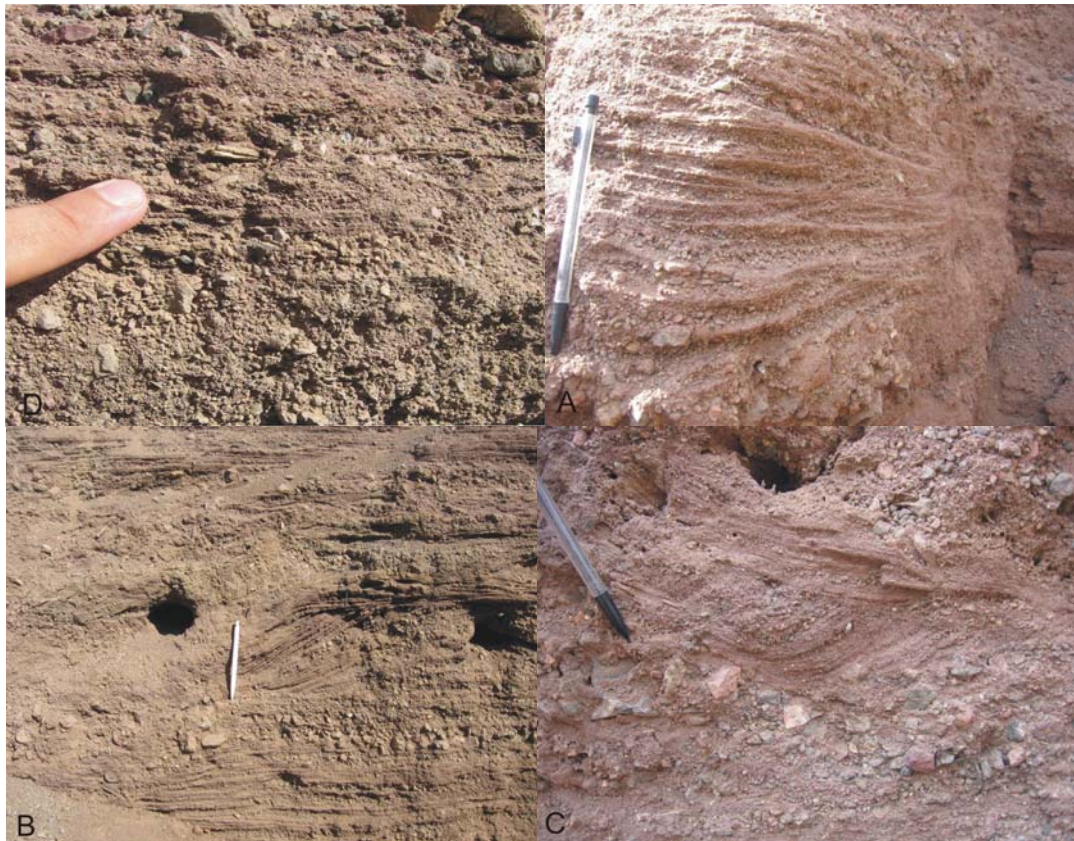


Figura 7. A) Detalhe da laminação interna dos conglomerados angulares. B) Estratificação cruzada angular. C) Paleocanal na base do afloramento. D) Restos de material vegetal.



Figura 8. Contato entre os basaltos e os depósitos continentais.

Na bacia hidrográfica de Playa Panamá existem pelo menos 3 grupos de solos, cuja gênese está relacionada diretamente às unidades geológicas descritas anteriormente (Figura 9). A classificação dos solos, foi utilizada pelos autores mencionados segundo a taxonomia do USDA-SCS (1975). Os grupos reconhecidos são: inceptisoles, entisoles e anfisoles.

Os inceptisoles incluem o solo gerado a partir do intemperismo dos basaltos do Complexo de Nicoya (subgrupo I-23, Lithic Ustropept). Neste subgrupo o solo é pouco profundo, com escasso ou algum desenvolvimento, é seco durante mais de 90 dias ao ano, está associado com solos de características semelhantes a argilas 2:1, constituindo solos argilosos obscuros (Litosol), sem o horizonte húmico. Esta situação favorece a infiltração da água e a erosão dos sedimentos. Outro subgrupo presente é o I-33 (Ustic Dystropept) que abrange os solos formados na parte superior dos conglomerados angulares. Este tipo de solo é profundo, pobre em bases, é seco durante mais de 90 dias ao ano e está associado com solos argilosos pouco profundos de material grosso, em terrenos montanhosos e terraços antigos (latosol com planosol).

Os entisoles incluem o subgrupo E-5 (Lithic Ustorthent), formado a partir do intemperismo dos ignimbritos da Formação Bagaces. É pouco profundo, tem escasso desenvolvimento e é seco durante mais de 90 dias ao ano e está presente em zonas montanhosas (Litosol). O solo gerado a partir do Intrusivo Potrero foi classificado como E-2 (Typic Dystropept), costeiro, sem nenhum desenvolvimento (Regolito). Os depósitos costeiros, situam-se no subgrupo E3 (Typic Troorthent), ou seja, solos arenosos costeiros pouco desenvolvidos, associados com solos menos arenosos e profundos (Regosol e Litosol). Por outro lado, o solo formado no manguezal é classificado como E-6 (Typic Sulfaquent), o qual indica um solo mal drenado, com textura fina, influência das marés e geralmente com vegetação de mangue (Cat Clay).

O Anfisol (A1, Typic Haplustalf), assim definido na classificação feita pelo MAG (1996), neste trabalho como gerado pelos depósitos continentais (solo de relevo plano a ondulado, profundo, de textura média a grossa, aluvial). Porém, a diferença com a nomenclatura dos solos associados a estes depósitos, deve-se à ausência de argilas em alguns setores, a qual é considerada na definição de entisol. Devido à escassa distribuição na a bacia, eles não foram considerados no mapa pedológico mostrado na Figura 9.

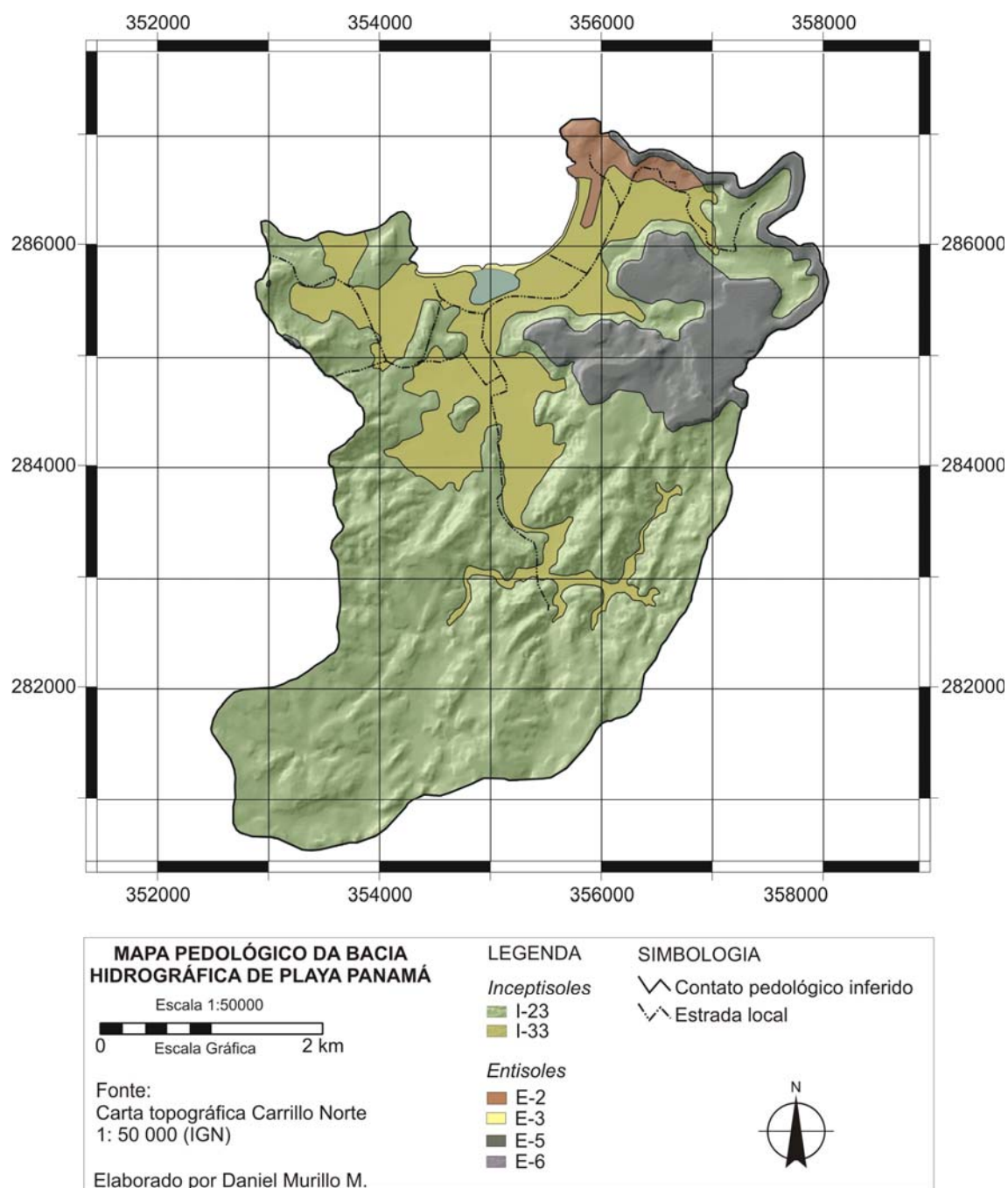


Figura 9. Mapa pedológico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

2.5.2 Vegetação

A vegetação da área de estudo é classificada como floresta tropical sazonalmente seca, que inclui 4 tipos diferentes de zona ecológicas (Gómez, 1986): florestas semidecíduas-decíduas; florestas semidecíduas de “bajura”; floresta sempre verde estacional de “bajura” e o manguezal.

A floresta semidecídua-decídua está associada com as áreas de afloramento dos basaltos do Complexo de Nicoya. Este tipo de vegetação é rala, com mato xerófilo

em zonas expostas e estende-se sobre zonas de denudação em serras de origem ígnea e de topografia acidentada. Em algumas zonas a vegetação é “riparia” e com florestas de galeria.

A floresta semidecídua de “bajura” é aquela localizada sobre os ignimbritos da Formação Bagaces. Caracteriza-se por crescer sobre terrenos vulcânicos com topografia plana, plana-côncava.

A floresta sempre verde forma-se sobre sedimentos aluviais, com topografia plana. O manguezal apresenta-se sobre águas salobras ou salgadas, as quais são influenciadas pela maré, a associação vegetal é composta predominantemente, por *Rhizophora*, *Conocarpus*, *Avicennia*, entre outros.

A zona de vida existente compreende florestas altas com vários estratos, as árvores têm de 40 a 50 m de altura e apresentam, geralmente, copas amplas (Holdrige 1978).



Figura 10. Vista da floresta sempre verde (planície costeira) e semidecídua (serras).

2.6 Uso atual da terra e atividades econômicas

A população permanente na bacia, no ano 2002, era de 243 habitantes (INEC, 2003). A população concentra-se na parte central da planície costeira, o que constitui a vila de Playa Panamá.

O uso atual da terra é orientado para a atividade turística. Pelo menos 4 estabelecimentos hoteleiros de grande a moderada capacidade, fazem parte da paisagem cotidiana da área de estudo. Megaprojetos turísticos, estão contemplados e devem ser implementados nos próximos anos, especialmente naquelas áreas abrangidas pelos depósitos recentes, devido à proximidade da água subterrânea.

A oferta de trabalho para a população local é limitada e polarizada; as maiores oportunidades se restringem a atividades turísticas e prestação de serviços de limpeza

e construção civil. Outra atividade importante é a pesca artesanal, a qual aproveita a riqueza marinha da Bahia Culebra.

Não existe nenhum tipo de agricultura significativa na área de estudo. No entanto é de conhecimento, com tudo, que no passado foi instalado um vinhedo por alguns residentes estrangeiros, situação que foi considerada nas análises hidroquímicas. A Figura 11 mostra o uso atual da terra na área de estudo.

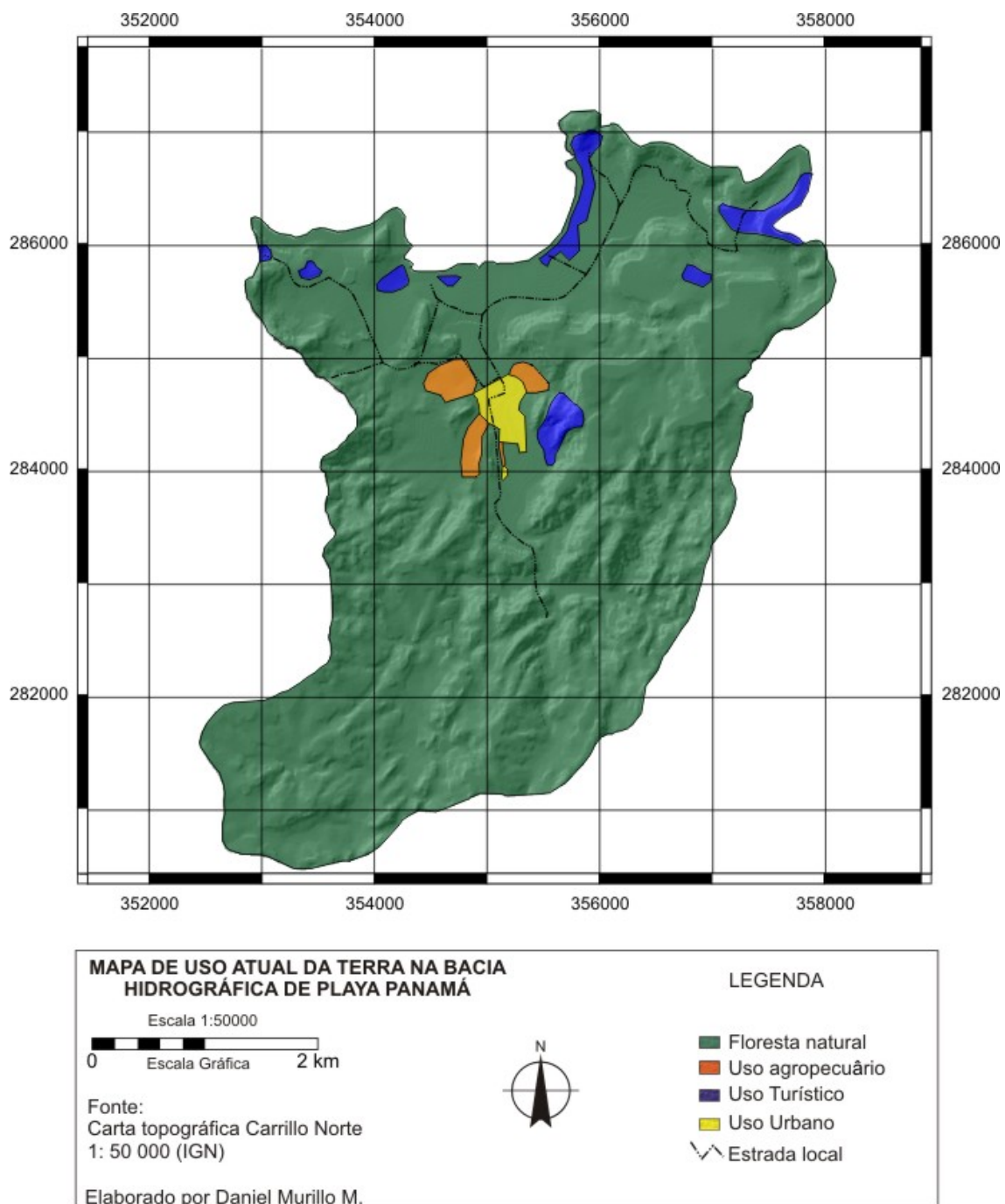


Figura 11. Mapa de uso atual da terra na bacia hidrográfica de Playa Panamá.

3. CONSIDERAÇÕES HIDROLÓGICAS

3.1 Características hidrográficas locais

A bacia hidrográfica de Playa Panamá é uma das 24 zonas costeiras com potencial hídrico da Península de Nicoya. De acordo com o mapa de bacias hidrográficas da Costa Rica (Gómez 1996), a área de estudo pertence à grande bacia dos rios da Península de Nicoya e Costa Norte, cuja extensão é de 4202 km².

A rede hidrográfica da bacia de Playa Panamá é pouco desenvolvida, sua drenagem está condicionada à topografia e à geologia da área em questão. Na Figura 12 é apresentado o modelo digital de elevação (MDE) e os corpos hídricos superficiais mais importantes. A rede de drenagem estende-se ao longo de aproximadamente 6 km.

A hidrodinâmica superficial da bacia está controlada pelos rios Panamá e Rocha, os quais desembocam no Oceano Pacífico. O primeiro, é formado por vários rios intermitentes (Espavel, Pita, Penca, Poza Verde e Lapa) e desemboca num pequeno manguezal. Estes rios originam-se nos terrenos basálticos, sendo que algumas ramificações formam-se no contato dos basaltos com os ignimbritos. Os leitos hídricos são encaixados em vales nos terrenos basálticos. Na planície costeira, eles mostram profundidades menores do que 3 m e larguras variáveis entre 2 e 8 m.

O extremo nordeste da bacia está praticamente separado geograficamente por um cordão montanhoso. É provável que a hidrodinâmica, neste setor, seja diferente em relação do restante da bacia, tendo em conta que as águas superficiais nesta zona também desembocam num manguezal.

O regime fluvial é sazonal. Os rios possuem vazões significativas apenas durante a estação chuvosa. Durante os meses de janeiro a abril, os rios permanecem praticamente secos. No ano 2006, ficou comprovado que esta situação não é constante, e que a estação seca prolongou-se até o mês de outubro devido à influência do distúrbio climático de “El Niño”.

3.2 Regime pluvial

As precipitações da região estão condicionadas pelos fatores climáticos mencionados no capítulo anterior. Dados pluviométricos da bacia hidrográfica, foram registrados na estação Playa Panamá pelo IMN (1988) para o período 1977-1981 (Figura 13). Embora a informação abranja um período de tempo relativamente curto,

considerou-se que ela é representativa da pluviometria geral da bacia hidrográfica costeira.

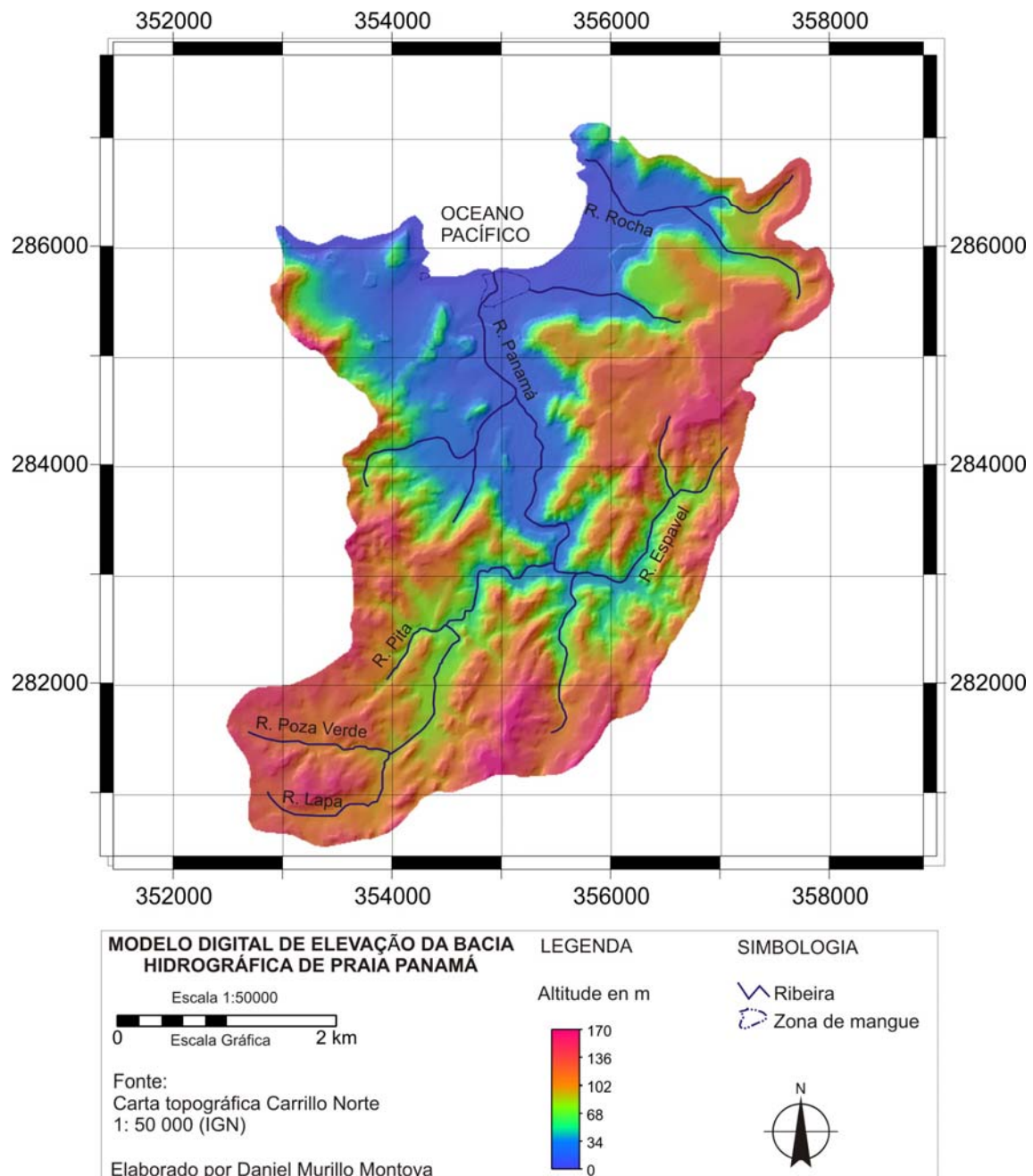


Figura 12. Modelo Digital de Elevação (MDE) da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

A precipitação média anual em Praia Panamá é de 1943 mm. O período seco é bem marcado, sendo que compreende os meses de novembro até abril, com média de chuva mensal de 22 mm. Na estação chuvosa, a média mensal atinge 302,1 mm. O mês de Julho é caracterizado por um período de semi-verão, denominado de “Veranillo de San Juan”, o qual é marcado por uma redução das chuvas.

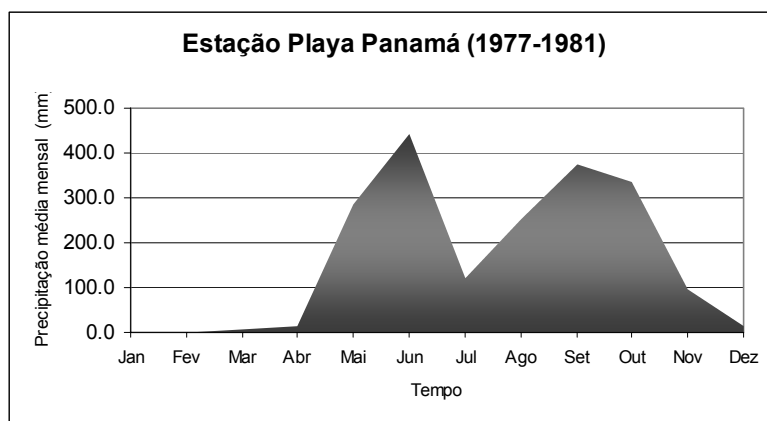


Figura 13. Histograma de precipitação média mensal da estação pluviométrica Playa Panamá (Período 1977-1981).

Dados de precipitação média anual em estações pluviométricas localizadas em bacias hidrográficas próximas, com períodos de registro maiores, confirmam os baixos valores de chuvas na região. De acordo com Gómez (2005), na estação pluviométrica Playas del Coco, localizada a 6 km ao sudoeste da bacia hidrográfica de Playa Panamá, registraram-se 1352,2 mm de chuva média anual no período 1970-1991. Já na estação meteorológica Liberia (Tipo A), situada a 11 km ao leste e a 85 m de altitude, o valor foi de 1611,7 mm.

3.3 Evapotranspiração potencial

A área de estudo não dispõe de dados de evaporação, radiação solar ou temperatura, os quais são fundamentais para o cálculo da Evapotranspiração Potencial (ETP). Para estimar a ETP foram utilizados os únicos dados disponíveis que foram registrados na estação Liberia (Tabela 1).

Tabela 1. Dados meteorológicos da Estação Liberia.

Estação Liberia No. 74020 , 85 m, latitude 10° 36' N, longitude 85° 32' O.														
Fator	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anua
Temp. Máx (°C)	1973-2002	33.4	34.3	35.4	35.9	34.1	32.1	32.1	32.1	31.2	31.1	31.7	32.6	33.0
Temp. Min (°C)	1973-2002	20.7	21.3	21.6	22.8	23.4	23.1	22.8	22.6	22.3	22.2	21.5	21.1	22.1
Temp. Med (°C)	1973-2002	26.5	27.5	28.5	28.9	27.8	26.8	26.9	27	26.8	26.4	26.1	26	27.1
Expos. Solar (hrs)	1976-2002	9.6	9.8	9.7	8.9	6.8	5.7	6	5.9	5.2	5.7	6.8	8.3	7.4
Radiação (MJul/d)	1974-2002	16.4	18.2	18.5	18.1	16.8	14.6*	15.3*	15.3*	13.9*	12.7*	13.3*	12.4*	17.6
Humidade (%)	1975-2002	68	63	62	65	73	85	81	83	87	87	81	73	75.7
Evaporação (mm)	1976-1995	9.2	9.2	9.7	9.3	7.3	4.6	5.9	5.5	4.6	4.5	4.6	7	6.8

* não foram incluídos ainda os dados do ano 2002.

A ETP pode ser determinada por meio de vários métodos. Nesta pesquisa decidiu-se utilizar a fórmula de Hargreaves que também foi utilizada por Herrera (1985), Valverde (1998) e Schosinsky (comunicação pessoal, 2006).

A fórmula pode ser expressa como:

$$ETP = [(0,17 * RA * TD^{0,5} (0.0075))] * (32+1,8 ^\circ C) * N$$

Onde:

ETP = Evapotranspiração potencial média mensal (mm)

RA = Radiação extraterrestre no topo da atmosfera (MJul/dia)

°C = Temperatura média mensal

TD = Diferença entre a temperatura máxima e mínima média mensal (°C)

N = Número de dias do mês

A ETP média anual obtida a partir da fórmula de Hargreaves corresponde a 1928,7 mm. Os resultados dos cálculos são mostrados na Tabela 2.

Tabela 2. ETP obtida a partir dos dados meteorológicos da estação Liberia e a aplicação da fórmula de Hargreaves.

HARGREAVES								
Mês	Dias/mês	RA	RA	Temp.	Temp.	Td	Tm	ETP
		(MJul/día)	(MJ/mes)	máx (°C)	mín. (°C)	(°C)	(°C)	
Jan	31	16.4	508.4	33.4	20.7	12.7	26.5	184.1
Fev	28	18.2	509.6	34.3	21.3	13	27.5	190.9
Mar	31	18.5	573.5	35.4	21.6	13.8	28.5	226.3
Abr	30	18.1	543.0	35.9	22.8	13.1	28.9	210.5
Mai	31	16.8	520.8	34.1	23.4	10.7	27.8	178.2
Jun	30	14.6	438.0	32.1	23.1	9	26.8	134.4
Jul	31	15.3	474.3	32.1	22.8	9.3	26.9	148.3
Ago	31	15.3	474.3	32.1	22.6	9.5	27	150.2
Set	30	13.9	417.0	31.2	22.3	8.9	26.8	127.3
Out	31	12.7	393.7	31.1	22.2	8.9	26.4	119.1
Nov	30	13.3	399.0	31.7	21.5	10.2	26.1	128.3
Dez	31	12.4	384.4	32.6	21.1	11.5	26	131.0
							Total	1928.7

O comportamento da ETP média mensal durante o ano também está condicionado pelas estações climáticas, sendo que o valor maior de ETP corresponde aos meses posteriores ao final da época chuvosa, inclusive com um valor ligeiramente maior após o “Veranillo de San Juan” (Figura 14).

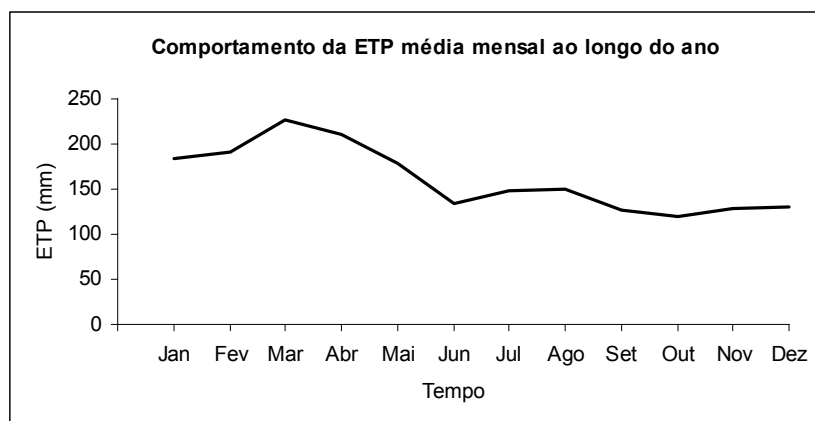


Figura 14. Histograma da variação da ETP mensal ao longo do ano segundo os dados disponíveis da Estação Liberia.

3.4 Capacidade de infiltração

A capacidade de infiltração (C_i) dos solos da bacia hidrográfica de Playa Panamá foi estimada mediante o método de Müntz ou duplo anel (Figura 15). Os valores da C_i , obtidos a partir deste método estão condicionados, basicamente, pela textura, estrutura, umidade inicial e temperatura do solo, assim como pela quantidade de material vegetal e pela carga hidráulica; neste caso, foi utilizada uma carga hidráulica variável, máxima de 7,5 cm.



Figura 15. Método de Müntz ou duplo anel para determinar a capacidade de infiltração.

A C_i dos solos é uma variável de entrada muito importante que foi considerada na realização do balanço hídrico. Decidiu-se analisar os dados de infiltração, separando-os por unidade geológica, sendo que, de forma generalizada, cada unidade está diretamente associada à formação de um tipo de solo e, por conseguinte, a uma infiltração particular. Os sítios dos ensaios efetuados são amostrados na Figura 16.

Na tabela 3 está resumida a estatística descritiva da C_i para cada unidade geológica. A Figura 17 descreve o a variação da C_i nos depósitos recentes.

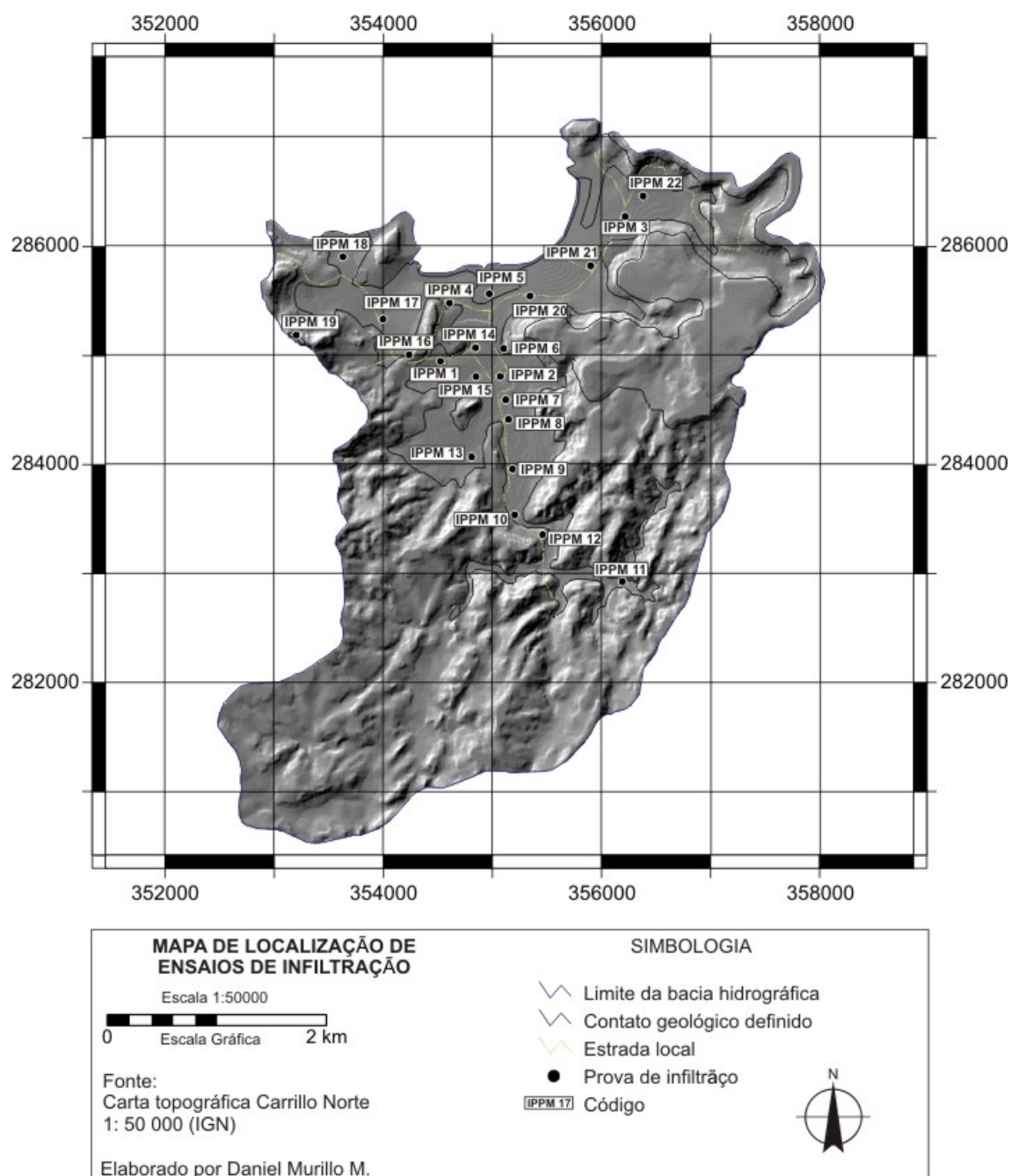


Figura 16. Mapa de localização dos ensaios de infiltração.

Tabela 3. Estatística descritiva da Ci calculada para cada unidade geológica.

Unidade	No. de dados	Ci média (cm/min)	Desvio padrão	Ci média (mm/hora)	Desvio padrão
Complexo de Nicoya	3	0.226	-	135.8	-
Ignimbritos	1	0.220	-	132.0	-
Depósitos Recentes	18	0.120	0.134	72.1	82.9

A visualização da variação, ou tendência, da Ci nos depósitos recentes foi interessante para o entendimento inicial da recarga direta e indireta potencial do aquífero. Entenda-se como recarga direta, como sendo a quantidade de água disponível para o aquífero, a qual é produto da chuva infiltrada no solo gerado nestes depósitos, e a recarga indireta é representada pela água que é aportada pelos rios e rochas adjacentes.

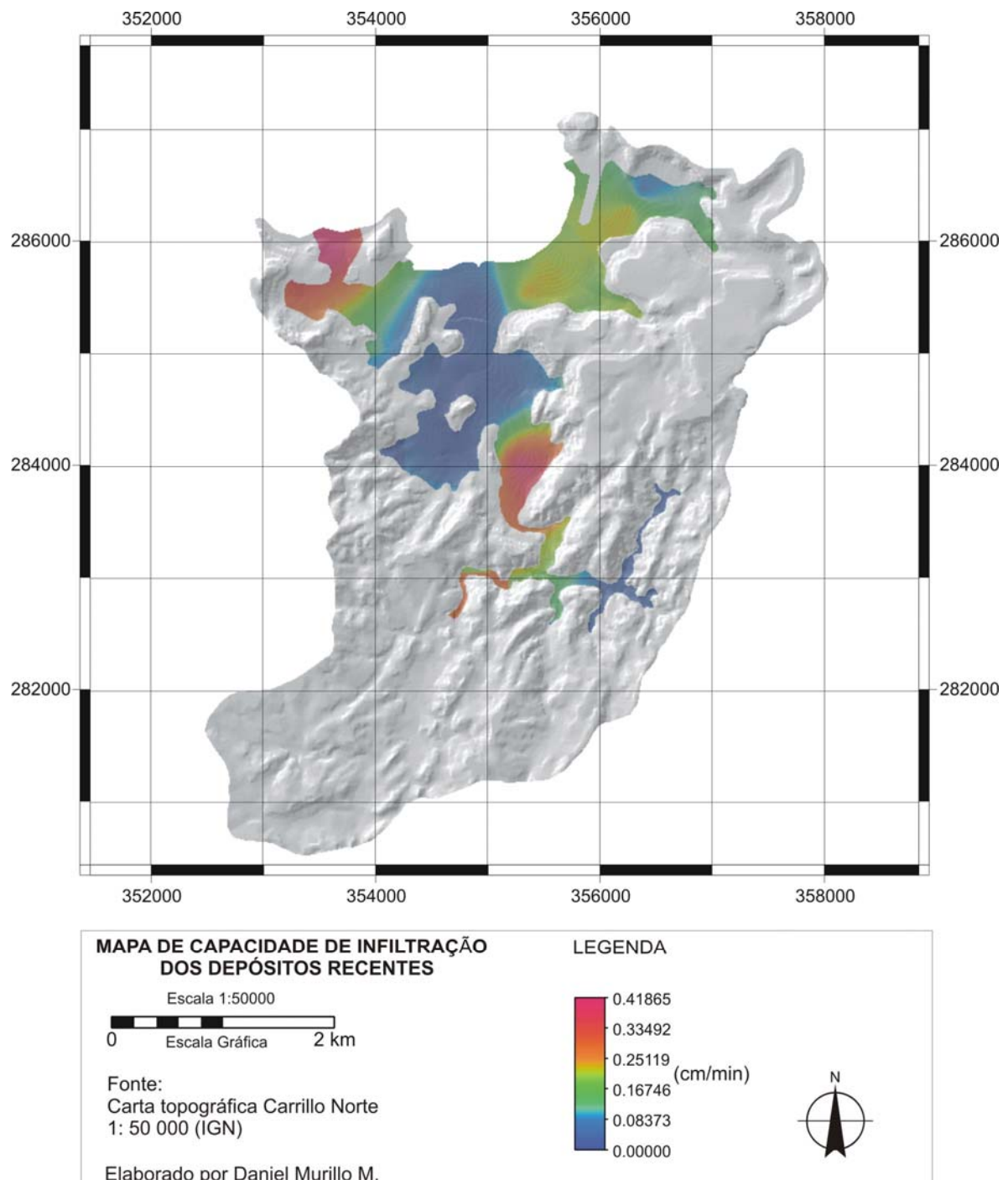


Figura 17. Mapa de capacidade de infiltração dos Depósitos Recentes.

Como era esperado, a Ci nos depósitos recentes possui valores diferenciados. A interpolação desses valores permitiu definir ao menos 4 setores: central; sul; nordeste e noroeste. O setor central é uma zona com baixa capacidade de infiltração ($< 0,1 \text{ cm/min}$), localizado à jusante dos depósitos recentes. Esta situação, inicialmente, está influenciada grandemente pela textura e estrutura do solo, já que se considera que outras variáveis como a temperatura ou a umidade inicial são relativamente similares ao volume restante dos sedimentos, no momento da realização dos ensaios, com exceção talvez, das áreas associadas ao manguezal e à faixa costeira.

A diferença na textura e na estrutura do solo estaria condicionada pela hidrodinâmica da bacia hidrográfica. Sedimentos mais finos seriam carregados em maiores distâncias e depositados na parte central da planície costeira, onde os rios perdem energia e capacidade de transporte. Estes materiais seriam as argilas geradas pelos basaltos, inclusive podendo corresponder aos sedimentos finos associados às elevações do nível do mar. Este último fato não foi comprovado, embora haja conchas marinhas em alguns pontos destes depósitos continentais.

Os setores sul, nordeste e noroeste, mostram uma Ci maior do que o valor médio do conjunto. Para o primeiro setor, a interpretação da presença de materiais mais grossos está relacionada a uma perda de energia do rio Panamá. Já nos setores nordeste e noroeste, haveria maior aporte do material ignimbrítico e do intrussivo (de textura grossa), especialmente o setor nordeste, por causa da proximidade com a área fonte.

A Tabela 4 apresenta os valores médios de Ci para cada setor dentro dos depósitos recentes.

Tabela 4. Valores de Ci dos Depósitos Recentes.

Setor	Central	Sul	Nordeste	Noroeste
Área (km^2)	1,5	0,7	1,1	0,5
Ci média (cm/min)	0,023	0,230	0,176	0,281
Ci média (mm/hr)	13,84	138,0	105,54	168,9

3.5 Recarga potencial

A recarga potencial (R_p) é definida como a quantidade de água virtualmente disponível para atingir o reservatório hídrico principal, formado nos depósitos recentes. Esta recarga inclui tanto a recarga direta quanto a recarga indireta.

A R_p na bacia hidrográfica de Playa Panamá foi obtida a partir da aplicação do balanço hídrico de solos, desenvolvido por Schosinsky. Este método está baseado na C_i dos solos e na precipitação mensal. Esse método também considera fatores como a evapotranspiração mensal, a vegetação e profundidade das raízes, assim como a declividade e a cobertura e as propriedades físicas do solo, tais como capacidade de campo, densidade e textura.

3.5.1 Método de Schosinsky

Os princípios deste método estão referidos no trabalho de Schosinsky e Losilla (2000), no qual os autores estabeleceram uma equação geral da infiltração potencial (I_p) para a Costa Rica, baseados em dados pluviométricos. A I_p é aquela infiltração que ocorre devido à textura do solo durante o tempo de ocorrência das chuvas, não envolvendo a infiltração após as chuvas (K_d), e tampouco à quantidade de água que se infiltra segundo o tipo de vegetação (K_v). Esses autores definem a infiltração como:

$$I = (1 - K_c) K_t P$$

Onde:

I = Infiltração (mm/mês)

K_c = 0,12 (porcentagem interceptada pela folhagem. Florestas muito densas $K_c=0,2$)

K_t = ($K_d + K_v + K_{fc}$)

K_d = Fração que se infiltra por meio da declividade

K_v = Fração que se infiltra por meio da vegetação

K_{fc} = Fração que se infiltra por meio da textura do solo

P = Precipitação

A determinação da recarga potencial utilizando este método foi aplicada individualmente para cada unidade geológica, ou seja, para obter uma R_p para os basaltos, outra para os ignimbritos e outra para os depósitos recentes. Esta última, representa a recarga direta mínima do aquífero local; a estimativa da R_p desta unidade foi feita para cada setor definido segundo a C_i .

3.5.1.1 K_d (Infiltração pela declividade)

Após a ocorrência de um evento de chuva, a água que não se infiltra terá mais possibilidade de fazê-lo, desde que permaneça mais tempo sobre a superfície do solo. Quanto menor for a declividade do terreno, maior seria a fração potencial de recarga.

O método propõe valores de Kd, segundo a porcentagem de declividade da área estudada (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de Kd propostos pelo método Schosinsky.

A	0,02 % a 0,06 %	0,30
B	0,3 % a 0,4 %	0,20
C	1% a 2%	0,15
D	2 % a 7 %	0,10
E	> 7%	0,06

Para outorgar os diferentes valores de Kd à cada unidade geológica, foi elaborado o mapa clinográfico da área de estudo (Figura 18) a partir do MDE mostrado na Figura 12. Com essa informação, foi obtido um valor médio de porcentagem de declividade para cada unidade (Tabela 6).

Tabela 6. Declividade média e Kd para cada unidade geológica.

Unidade Geológica	CN	FB	DR			
			Sc	Ss	Snd	Sno
Valor médio (%)	66,1	48,6	22,2	29,0	30,9	17,9
Valor médio (graus)	29,7 °	21,9 °	9,9 °	13,0 °	13,9 °	8,0 °
Kd	0,06					

CN:Complexo de Nicoya, FB: Formação Bagaces, DR:Depósitos Recentes, Sc: Setor Central, Ss: Setor Sul, Snd: Setor nordeste, Sno: Setor noroeste.

3.5.1.2 Kv (Infiltração por vegetação)

A Kv é a fração de infiltração devida ao tipo de vegetação. Na Tabela 7 são apresentados os valores de Kv estabelecidos pelo método de Schosinsky.

Tabela 7. Valores de KV propostos pelo método de Schosinsky.

A	Cobertura com grama < 50%	0,09
B	Terrenos cultivados	0,10
C	Cobertura com mato	0,18
D	Floresta	0,20
E	Cobertura com grama > 75%	0,21

A área de estudo apresenta pouca infra-estrutura civil e culturas de legumes e frutas. A vegetação é constituída basicamente por florestas e mato (grama), sendo que a primeira é dominante e por isso foi assumido um valor geral para este parâmetro, igual a 0,20.

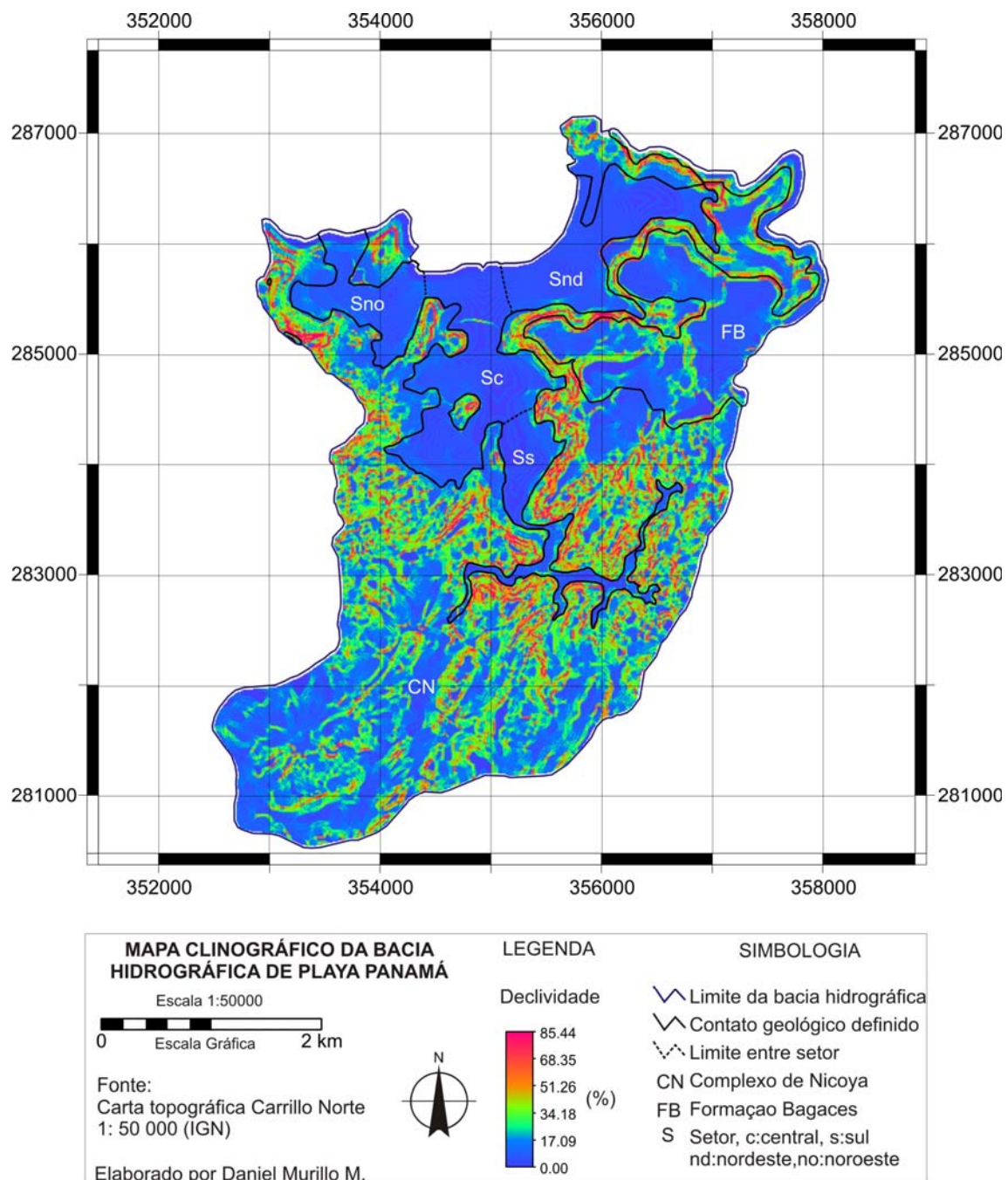


Figura 18. Mapa clinográfico da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

3.5.1.3 K_{fc} (Infiltração por textura do solo)

O método de Schosinky faz uma consideração importante para o cálculo da recarga potencial. Segundo o autor, o valor da K_{fc} depende da capacidade de infiltração do solo (C_i); sendo igual a 1 para valores de C_i maiores do que 65,3 mm/hr; caso contrário, o valor para K_{fc} será igual à equação proposta. Considerando os valores mostrados nas tabelas 3 e 4, somente o setor central dos depósitos recentes (S_c) assumiu um valor de K_{fc}, sendo igual a:

$$K_{fc} = 0,267 \ln (C_i) - 0,000154 C_i - 0,273 *$$

* C_i em mm/dia

Sendo assim, a K_{fc} calculada para o S_c foi de 0,77.

Foram coletadas 7 amostras de solo para análises geotécnicas básicas (Figura 19). Estes resultados permitiram entender a dinâmica da C_i dos solos, e estabelecer os valores de capacidade de campo (CC) e o ponto de murchamento (PM) de cada unidade geológica. Por causa da limitação de número de ensaios, não foi possível coletar uma amostra representativa da Formação Bagaces. Porém, seus valores de CC e PM, foram estimados pela capacidade de infiltração relativa e observações de campo. Os resultados das análises geotécnicas são indicados na Tabela 8.



Figura 19. Coleta de amostra para análise geotécnica.

A textura dos solos da área de estudo é caracterizada em função de materiais argilosos com presença significativa de areias. A plasticidade é intermediária. Isto indica que os diferentes valores de C_i não estão condicionados significativamente pela textura do solo, mas sim pela sua estrutura interna (ρ e η). A grande C_i dos solos do Snd e do Complexo de Nicoya, pode ser explicada pelos seus valores de porosidade e densidade, respectivamente.

Tabela 8. Resultados das análises geotécnica das amostras coletadas.

Unidade Geológica	Amostra	h (%)	η (%)	ρ (g/cm ³)	Classificação (SUCS)
Complexo de Nicoya	1	20,9	51,6	1,30	Argila fina com areia (CL)
	2	18,2	43,5	1,49	Silte Arenoso (ML)
Valor médio		19,5	47,5	1,40	-
Depósitos Recentes					
Sc	3	27,8	56,0	1,18	Argila grossa com areia (MH)
	4	15,8	47,6	1,39	Argila fina arenosa (CL)
	5	16,7	44,4	1,47	Argila fina arenosa (CL)
Valor médio		20,1	49,3	1,35	-
Snd	6	18,7	55,8	1,18	Argila grossa (CH)
	7	18,9	52,9	1,26	Argila fina com areia (CL)
Valor médio		18,8	54,3	1,22	-
Valor médio Total		19,6	51,3	1,30	-

3.5.1.4 Capacidade de campo (CC) e ponto de murchamento (PM)

Tanto a quantidade de água retida pelo solo (CC), quanto o teor mínimo de umidade do solo para a vida das folhas das plantas (PM), representam duas variáveis importantes para estimar da recarga potencial do aquífero. As análises geotécnicas realizadas não incluíram o cálculo dessas duas variáveis. Porém, o método de Schosinky propõe utilizar os valores que podem ser estimados a partir dos critérios de Israelsen e Hasen (1962), que são baseados na textura e densidade aparente do solo. Na Tabela 9, estão indicados os respectivos valores de CC e PM referidos no método.

Tabela 9. Valores de CC e PM referidos no método de Schosinsky.

Textura do solo (% de peso seco)	CC (%)	PM (%)	ρ (g/cm ³)
Arenoso	6 a 12	2 a 6	1,55 a 1,80
Franco-Arenoso	10 a 18	4 a 8	1,40 a 1,60
Franco	18 a 26	8 a 12	1,35 a 1,50
Franco-Argiloso	23 a 31	11 a 15	1,30 a 1,40
Argilo-Arenoso	27 a 31	13 a 17	1,25 a 1,35
Argiloso	31 a 39	15 a 19	1,20 a 1,30

Os valores de CC e PM para as diferentes unidades geológicas, definidas nesta pesquisa, são mostrados na Tabela 10. Os valores de ρ para os setores sul e noroeste, foram estabelecidos por analogia com a Ci, sendo que para a ρ do Ss e do Sno definido pelo valor médio dos depósitos recentes, que é da ordem de $1,3 \text{ g/cm}^3$.

3.5.1.5 Profundidade das raízes

Outro fator considerado no método de Schosinky foi a profundidade das raízes, do modo que, quanto maior a sua profundidade, maior será a água requerida pelas plantas para seu desenvolvimento. O autor do método, sugere várias profundidades para diferentes tipos de cultura e vegetação. Para florestas, o valor proposto é de 2 a 3 m, sendo 3 m um valor representativo para florestas muito densas. No presente estudo, foi utilizado um valor geral de 2 m.

Tabela 10. Valores de CC e PM utilizados nas unidades geológicas.

Unidade Geológica	CC (%)	PM (%)
Complexo de Nicoya	26	12
Formação Bagaces	26	12
Depósitos Recentes		
Sc	31	15
Ss	31	17
Snd	39	19
Sno	31	17

3.5.2 Cálculo da recarga potencial em cada unidade geológica

O método de Schosinsky permitiu estimar a quantidade de água máxima que pode ser disponibilizada naturalmente para o aquífero principal. Estimou-se que a quantidade mínima de água disponível no aquífero é representada pela recarga direta nos depósitos recentes. O método assumiu escoamento superficial nulo enquanto chover, situação que é difícil de acontecer em toda a área, principalmente nos tratos onde a declividade é maior. Porém, no caso dos depósitos recentes, considerou-se que o escoamento é pouco significativo, devido a sua baixa declividade, e especialmente, pela influência das zonas de floresta, as quais facilitariam a formação de terras encharcadas, contribuindo assim com a infiltração.

Por outro lado, foi observada no campo uma nascente que surge no contato dos ignimbritos com os basaltos do Complexo de Nicoya. Este manancial escoar até o

rio localizado entre os rios Panamá e Rocha. Este fato, sugeriu que a água infiltrada nos ignimbritos contribuí com o escoamento superficial e a recarga indireta do aquífero. A mesma situação foi assumida para os basaltos.

Cada um dos parâmetros incluídos no método para o cálculo da recarga potencial foi analisado para cada unidade geológica. A Tabela 11 mostra os resultados da aplicação do método mediante o uso de uma planilha eletrônica elaborada por Schosinky.

Tabela 11. Recarga potencial média anual de cada unidade geológica.

Unidade Geológica	Rp (mm)	Volume (m ³)	Vazão Equivalente (m ³ /h)	Vazão Equivalente (L/s)
CN	336,5	4543425	518,7	144,1
FB	329,1	789840	90,2	25,0
DR				
Sc	275,0	412500	47,1	13,1
Ss	355,4	248780	28,4	7,9
Snd	296,0	325600	37,2	10,3
Sno	355,4	177700	20,3	5,6

A recarga média anual da bacia de Playa Panamá foi de aproximadamente 325 mm; a evapotranspiração (ETR) real média anual foi de 1228 mm e o índice médio anual de água retida pela vegetação foi de 397 mm. O período com maior potencialidade para a Rp é principalmente entre setembro e outubro. Uma vez que para os meses de abril a junho, a Rp foi mínima por causa do saldo negativo de água, relativo à ETR dos meses anteriores (Figura 20).

A tendência da precipitação que se infiltra (Pi) e a Rp de cada unidade geológica, confirmam o uma recarga maior durante os meses de setembro e outubro (figuras 21 e 22).

A vazão equivalente mínima total anual dos depósitos recentes é da ordem de 37 L/s. A vazão equivalente máxima total potencial de água subterrânea por ano na bacia hidrográfica, é de 206 L/s. Porém, como citado anteriormente, parte da água dos basaltos representa o escoamento superficial real, outra parte representa à recarga indireta do aquífero poroso, além de uma porcentagem da água que seria armazenada nas fraturas desta unidade geológica. Por outro lado, foi assumido que a recarga dos ignimbritos da Formação Bagaces, seria compartilhada pelo escoamento superficial e pela recarga indireta ao aquífero poroso.

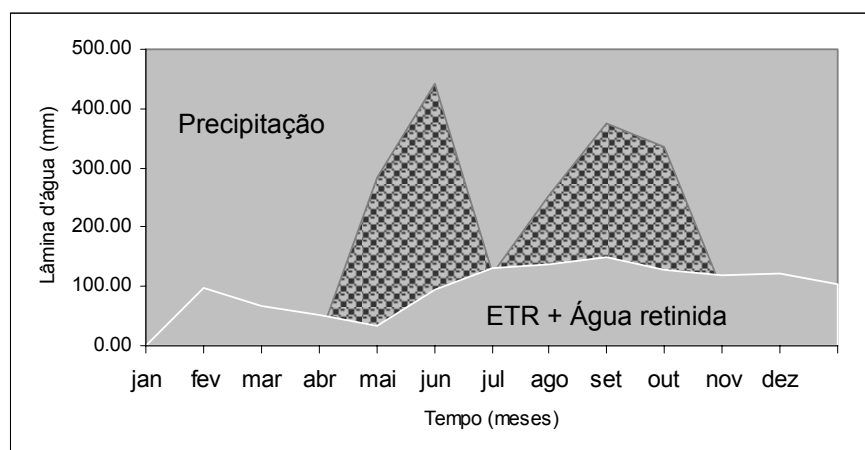


Figura 20. Períodos de maior potencialidade para a Rp da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

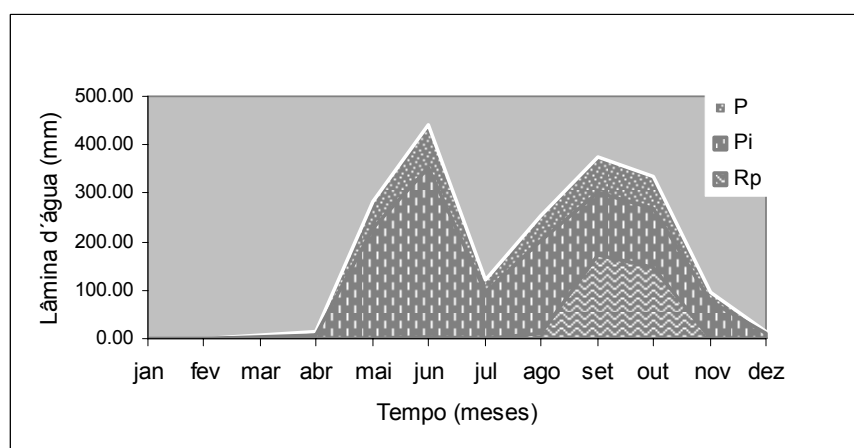


Figura 21. Períodos de ocorrência da Rp anual no Complexo de Nicoya e na Formação Bagaces.

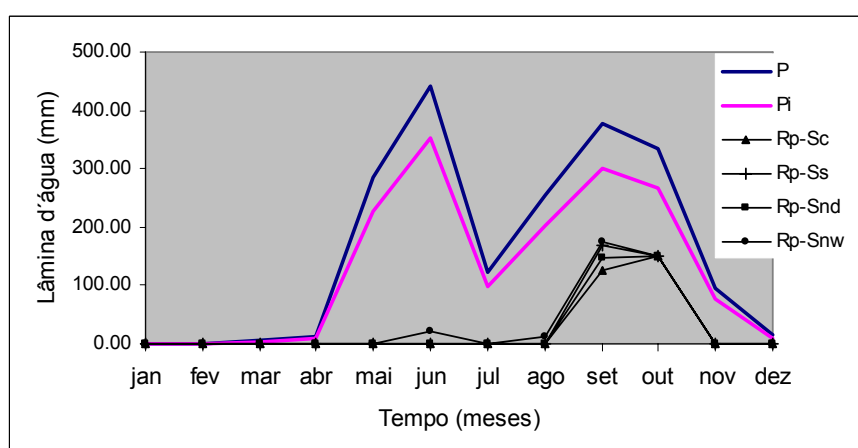


Figura 22. Períodos de ocorrência da Rp anual nos depósitos recentes.

3.6 Escoamento superficial

Os rios principais da bacia hidrográfica de Playa Panamá são intermitentes. Durante grande parte da época seca, o fluxo de base dos rios é nulo, inclusive nas áreas altas onde afloram os basaltos. Já na estação chuvosa, as vazões dos rios aumentam principalmente durante os meses de agosto, setembro e outubro. Estima-se que parte da água infiltrada, tanto no Complexo de Nicoya, quanto nos ignimbritos da Formação Bagaces, contribuem para o escoamento superficial. Nesta pesquisa estava prevista uma campanha de medição de vazões nos rios durante a estação chuvosa. A presença do fenômeno de “El Niño” não permitiu a medição do fluxo de base porque os rios ficaram secos por mais tempo. Por tanto, considerando que os rios são efluentes ao aquífero poroso, não foi possível calcular quanta porcentagem da R_p destas duas unidades geológicas seria incluída neste reservatório hídrico.

Segundo a ONU (1975), a porcentagem da chuva do Pacífico Norte, expressada como vazões pluviais, é estimada em 30% da precipitação total na região. Sendo assim, e considerando a R_p total das unidades referidas como a água disponível para o escoamento potencial na bacia, este último seria de $1,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, o que corresponde a uma vazão equivalente de 50,7 L/s ($182,6 \text{ m}^3/\text{h}$).

4. CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO DA ÁREA ESTUDADA

Neste trabalho, os depósitos recentes da bacia hidrográfica de Playa Panamá foram referidos como zona aquífera (aquífero poroso). O presente capítulo avalia as feições hidrogeológicas particulares desta zona. Discute-se o modelo conceitual do reservatório hídrico e caracterizam-se as suas propriedades hidrodinâmicas, aspectos importantes para entender o processo de intrusão salina ocorrente na atualidade.

4.1 Aquíferos secundários

Os aquíferos secundários na bacia hidrográfica estudada são representados pelas rochas do Complexo de Nicoya e a Formação Bagaces. Tais unidades geológicas teriam uma maior recarga potencial em relação ao aquífero principal (aluvional), porém, decorrem na recarga indireta deste último.

A ONU (1975) atesta que a produção aquífera do CN é de meia a baixa, com vazões máximas de até 15 L/s (54 m³/h). Suas condições seriam pouco favoráveis para a construção de poços profundos, recomendando a exploração dos aquíferos aluviais e nascentes. Segundo Schosinsky (comunicação pessoal 2006), a transmissividade (T) dos basaltos do CN pode atingir 20 m²/d.

Para a ONU (1975), a FB presente na área corresponde ao membro meio, o qual possui boa permeabilidade e vazões máximas de até 200 L/s (720 m³/h).

Ambos os aquíferos possuem nascentes na área estudada e teriam uma dinâmica subterrânea de meios fraturados, aportando água aos principais rios da bacia hidrográfica e, por conseguinte, ao aquífero principal.

4.2 Poços existentes

Os arquivos de poços registrados até o ano 2005, no cadastro do SENARA (Servicio Nacional de Aguas, Riego e Avenamiento) e do AyA (Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillados), revelaram que desde o ano 1967 já foram construídos mais de 50 poços rasos e cacimbas (Figura 23). A maioria foi construída na zona aquífera, a qual tem uma densidade de aproximadamente 10 poços/ km². Os poços localizados nos basaltos e ignimbritos, sugeriram também a presença de pequenos aquíferos em meios fraturados (aquíferos secundários). Na Tabela 12, são resumidas as vazões médias usadas para os ensaios de bombeamento registradas por unidade hidrogeológica.

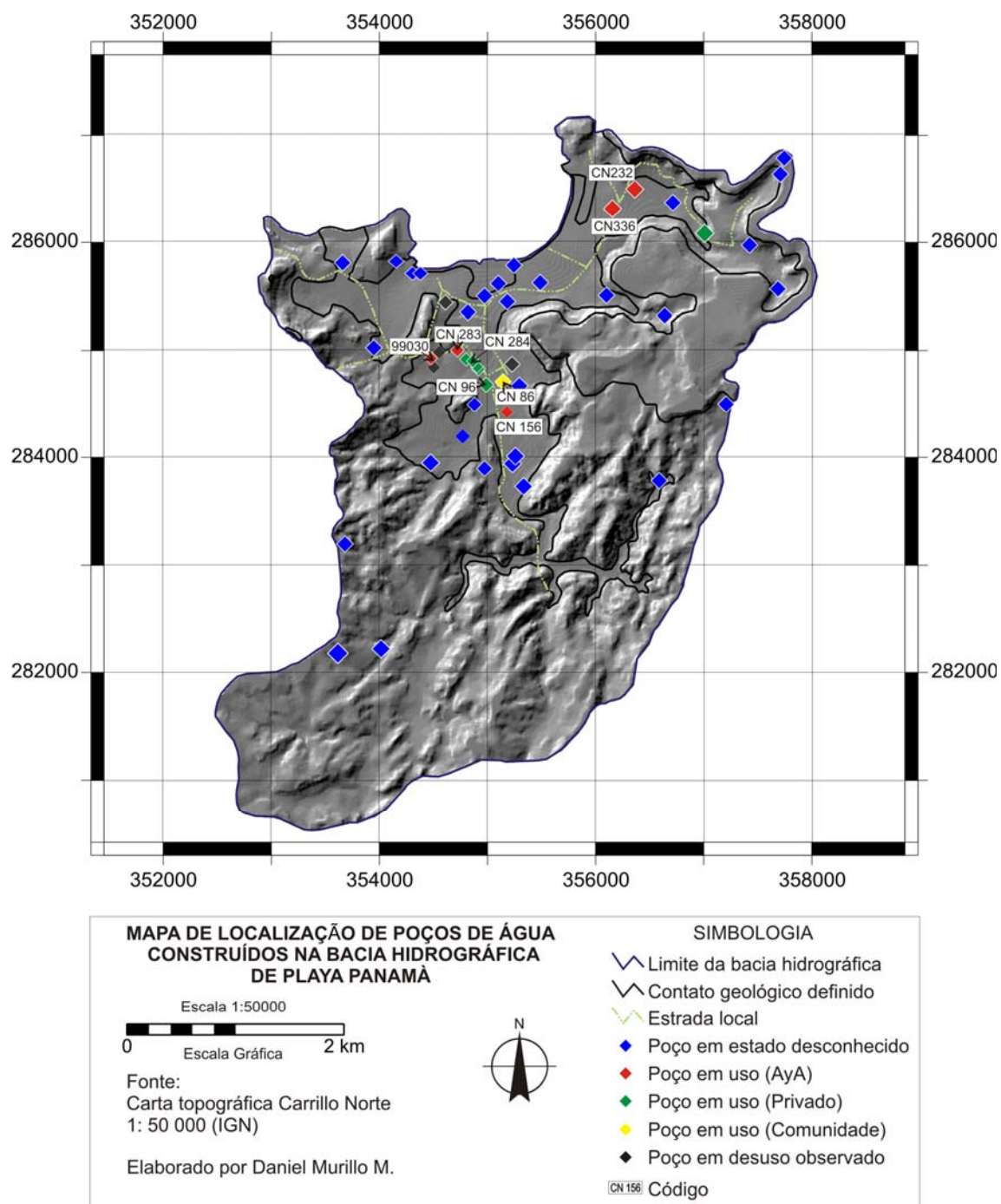


Figura 23. Mapa de localização dos poços construídos na bacia hidrográfica de Playa Panamá.

Tabela 12 - Vazão média histórica usada nos testes de bombeamento nos poços da bacia hidrográfica de Playa Panamá (dados do SENARA, 2005).

Unidade	Zona aquífera	Basaltos	Ignimbritos
Vazão média (L/s)	7,2	1,5	4,0

Os valores mostrados na Tabela 12, são estimados; uma vez que os dados das vazões não são representativos de todos os poços construídos. Porém, é evidente que o maior potencial aquífero é dos depósitos recentes. A maior parte dos poços construídos na bacia hidrográfica está desativada hoje.

O abastecimento de água na bacia hidrográfica é institucionalizado, influenciando no cenário hidrogeológico dos poços em operação e dos poços desativados. A população local se abastece de um único poço (CN-86), e do abastecimento do AyA, o qual tinha 5 poços em funcionamento até julho do 2006. Os demais poços ativos são privados, a suas vazões e condições de funcionamento não foram divulgadas, e por tanto, não são muito conhecidas.

4.2.1 Vazão atual dos poços

As vazões dos poços sob o controle do AyA na zona aquífera é bem conhecida; elas foram verificadas em campo e representam as vazões médias de cada poço utilizadas durante a época seca. A vazão mínima total dos principais poços ativos é apresentada na Tabela 13.

Tabela 13. Vazão mínima total extraída atualmente na zona aquífera de Playa Panamá.

Poço	CN-86	CN-156	CN-232	CN-336	99-030	CN-96	CN-273	CN-284
Vazão (L/s)	1,0	10,3	8,0	8,0	12,0	-	-	-
Vazão Total (L/s)	39,3							

Em torno dos poços CN-284 e CN-273, foram observados mais dois poços em funcionamento. Esses poços privados são utilizados para suprimento turístico e podem justificar o uso de vazões semelhantes às mostradas na Tabela 13.

A vazão mínima total dos poços na zona aquífera é superior à recarga potencial dos setores nordeste e central dos depósitos recentes, inclusive é maior do que a recarga potencial total dos depósitos recentes. Esta condição sugeriu a existência de recarga indireta, por infiltração, desde as outras unidades geológicas, a qual se daria por aporte de água dos rios principais e por recarga lateral através das fraturas nos basaltos do Complexo de Nicoya.

4.3 Modelo conceitual da zona aquífera

Os perfis hidrogeológicos da zona aquífera foram elaborados a partir das informações litológicas de cada poço, as quais são limitadas, às vezes por conta da difícil interpretação pela ambigüidade das descrições, bem como pelas informações nos poços. Outro fator limitante para construir os perfis hidrogeológicos, foi a localização, geralmente imprecisa, dos poços; uma vez que, no passado, estes não eram georeferenciados. No presente estudo não foi possível localizar todos os poços em campo.

A Figura 24, mostra os poços que possuem descrição geológica, assim como os traços das seções hidrogeológicas elaboradas. A correlação litológica entre os perfis geológicos de cada poço é apresentada na figura 25. As características litológicas indicadas na Figura 25 coincidem com as observadas em campo.

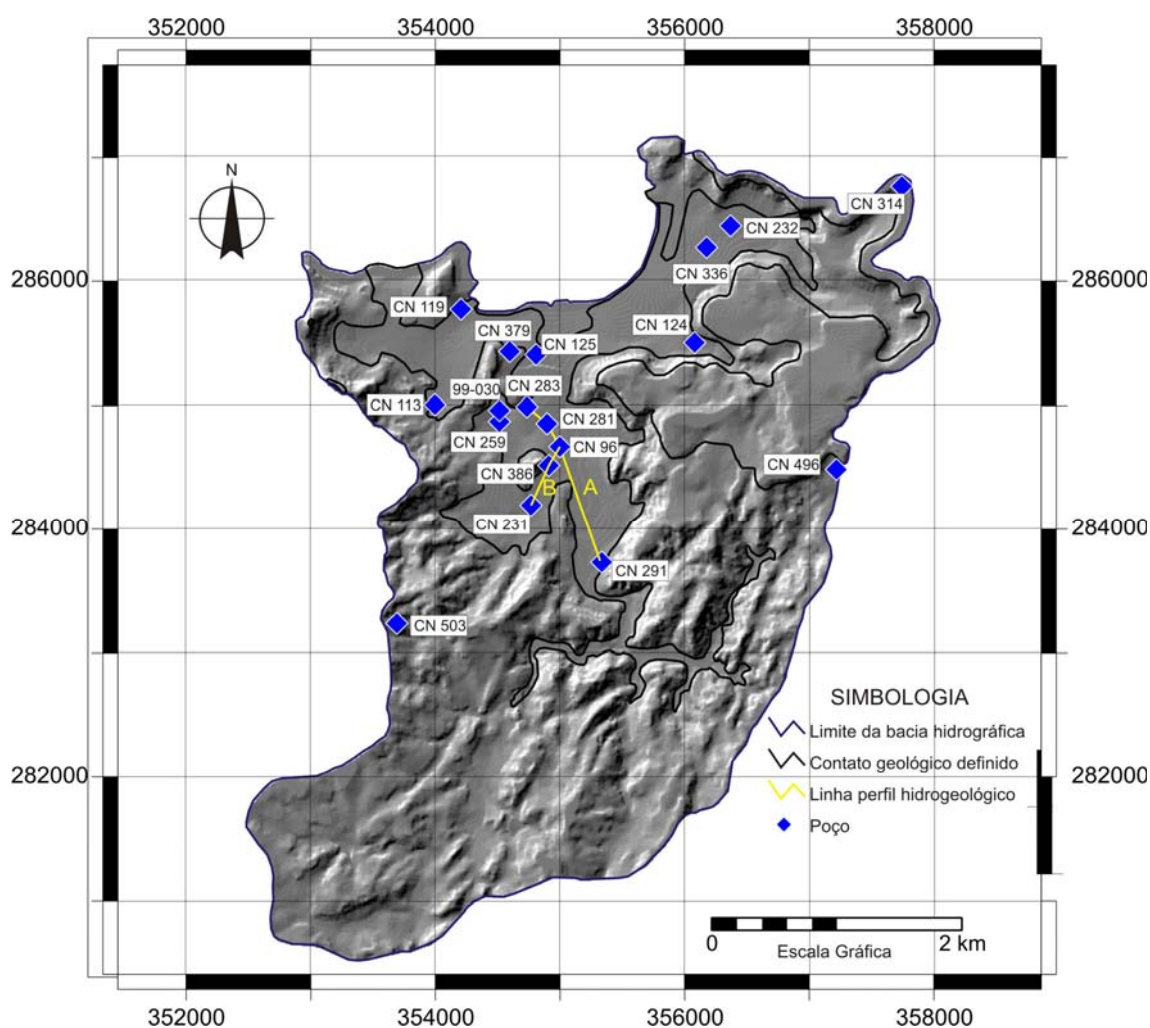


Figura 24. Localização dos poços com informação litológica e das linhas das seções hidrogeológicas.

Os poços da zona aquífera mostraram o seguinte perfil geológico geral: no topo, em alguns poços foram registrados solos ou material de textura argilosa, os quais se formaram pelo intemperismo dos basaltos, e representam depósitos aluvionais da zona mais baixa da planície costeira (fluvial). Na parte central, foram descritos com detalhe os conglomerados angulares, compostos por material de ótima permeabilidade (seixos e areias). Na parte inferior do perfil, foram descritos os basaltos, os quais segundo a ONU (1975), constituem o embasamento regional; geralmente estas rochas se apresentam muito fraturadas e, às vezes, denotando solo regolítico argiloso no seu topo.

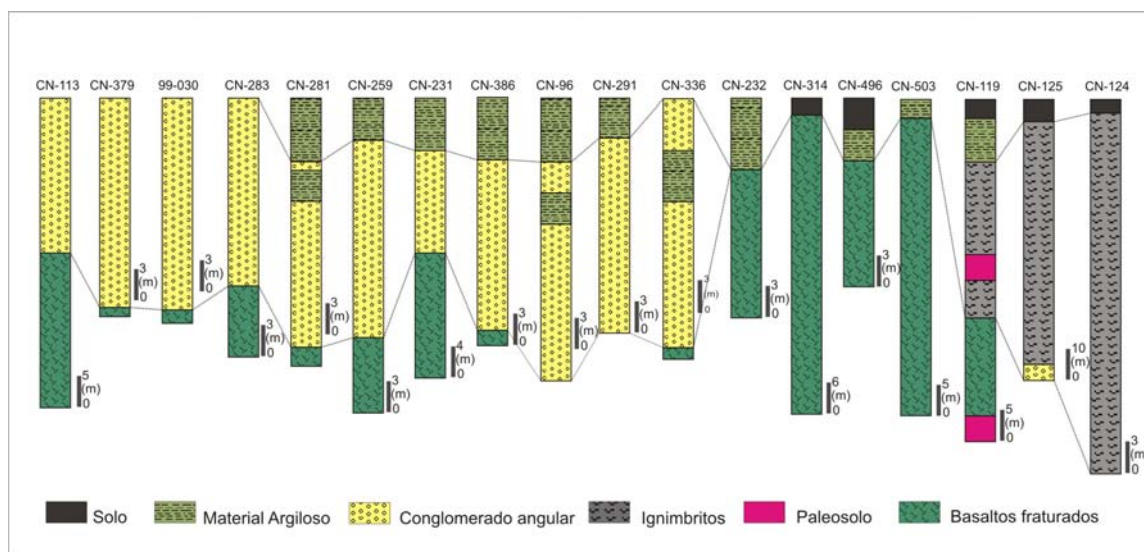


Figura 25. Correlação das seções litológicas registradas dos poços na bacia hidrográfica de Playa Panamá.

A Figura 25 mostrou nos poços CN-119; CN-124 e CN-125 material ignimbrítico e um conglomerado basal, referidos como Formação Bagaces; cujas espessuras variaram entre 60 e 90 m e apresentaram-se em contacto com o embasamento regional. Entretanto, como suas localizações estão no domínio dos depósitos recentes, revelaram um erro na atribuição das suas coordenadas, feitas no ano 1977. Por esta razão, tais poços não foram considerados na elaboração dos perfis hidrogeológicos da Figura 26.

A informação litológica do poço CN-232 foi considerada duvidosa. No seu registro, os primeiros 7 m de profundidade foram descritos como solo regolítico dos basaltos, com ausência dos conglomerados, mas isto não coincide com os dados dos outros poços e também com as espessuras de solos observadas para esta unidade. Além disso, a vazão deste poço é correlacionável àquela dos conglomerados angulares, os quais estão presentes no poço CN-336, que está localizado no mesmo

setor. Por esta razão, este poço também não foi considerado na elaboração dos perfis hidrogeológicos.

O modelo conceitual da zona aquífera de Playa Panamá mostrou uma espessura variável dos conglomerados angulares (18 a 27 m) e, por tanto, da profundidade do topo do embasamento (7 a 27 m). A espessura média dos sedimentos foi de 22,1 m, sendo maior na parte central da planície costeira em relação ao setor sul. Esta característica física justifica a alta densidade de poços no primeiro setor. O topo da zona aquífera exibiu uma camada ou horizonte argiloso que permite uma condição de semiconfinamento relativo.

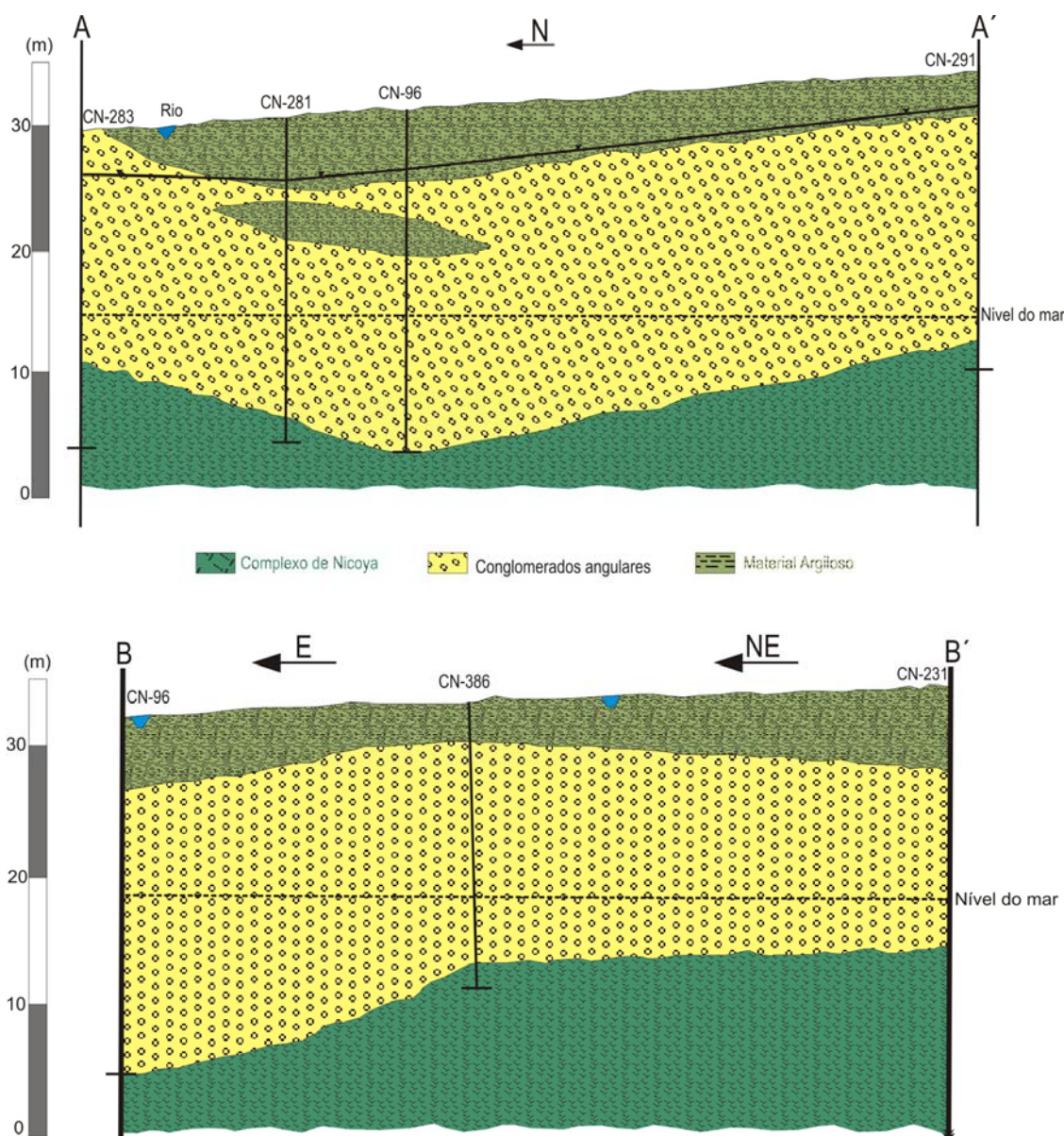


Figura 26. Perfis hidrogeológicos do setor central da zona aquífera da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

A geometria subterrânea dos sedimentos dos setores nordeste e noroeste é semelhante. Por exemplo, no registro do poço CN-336 foi mencionado que a superfície freática desceu de 9 a 6,5 m de profundidade no momento da perfuração. Os registros litológicos dos poços não permitiram conhecer em detalhe a variação da espessura dos sedimentos próximos da faixa costeira, trata-se de um fator importante para o entendimento da relação hidrodinâmica entre a água doce e a água salgada.

Os limites laterais leste, oeste e sul da zona aquífera, assim como o inferior, correspondem aos basaltos do Complexo de Nicoya. Essas rochas teriam uma permeabilidade menor. O limite norte é uma fronteira móvel e corresponde com a zona de dispersão salina formada entre a água do Oceano Pacífico e a água subterrânea armazenada nos depósitos recentes, a fronteira superior é o nível freático.

4.4 Características hidrodinâmicas subterrâneas

Os parâmetros hidrodinâmicos da zona aquífera, condutividade hidráulica (K), transmissividade e coeficiente de armazenamento (S), particularmente da zona saturada (ZS), foram avaliados e determinados por meio de ensaios de bombeamento.

4.4.1 Zona não saturada (ZNS)

Não foi possível fazer medições diretas de campo da condutividade hidráulica vertical da ZNS. Porém, os resultados de capacidade de infiltração sugerem que a condutividade hidráulica da zona aquífera é também zoneada, sendo que no setor principal (setor central), os valores são menores em função da estrutura interna do material argiloso nos primeiros 5 a 7 m da zona aquífera.

4.4.2 Zona saturada

A zona saturada de água (ZS) é aquela que se localiza abaixo do nível freático e abrange o reservatório hídrico mais importante da zona aquífera. A hidrodinâmica desta zona foi avaliada por meio de ensaios de bombeamento (com vazão constante). É importante mencionar que estes ensaios avaliaram condições pontuais e exclusivas para a área onde se situa cada poço. A interpolação destes parâmetros para a totalidade da zona aquífera, só parte do princípio de que ela é, na sua maior parte, homogênea e isotrópica.

Os ensaios de bombeamento realizados pelo AyA geralmente viram determinar as vazões efetivas dos poços, sendo que o objetivo que o bombeamento deles não

interfere com a sua produtividade. Raramente a transmissividade foi estimada em estudos anteriores.

Segundo dados do arquivo do AyA, a instituição realizou ensaios de bombeamento nos poços CN-231, CN-259 e 99-030. No poço 99-030, o ensaio foi afetado pela instabilidade do nível dinâmico, devido a mudanças de pressão, sendo que este fator não permitiu determinar os parâmetros hidrodinâmicos. Nos outros ensaios não foram utilizados poços testemunhos, sendo que o coeficiente de armazenamento não foi determinado. Neste trabalho realizaram-se mais dois ensaios no mês de março de 2006. Tentou-se fazer um novo ensaio no poço 99-030, considerando a influência da pressão do poço, ele foi desligado durante 6 horas antes de iniciar o teste. A vazão máxima foi de 5 L/s e os rebaixamentos do poço não foram significativos para poder se determinar os parâmetros hidrodinâmicos. O outro ensaio no poço CN-283 (Figura 27), utilizou o poço CN-537 como testemunho, localizado a 165 m do poço de bombeamento.

Os resultados e os parâmetros hidrodinâmicos obtidos a partir de todos os ensaios são apresentados na Figura 28 e na Tabela 14. Para a determinação da condutividade hidráulica, levou-se em conta que os poços atingem toda a zona aquífera.



Figura 27. Ensaio de bombeamento no poço CN-283.

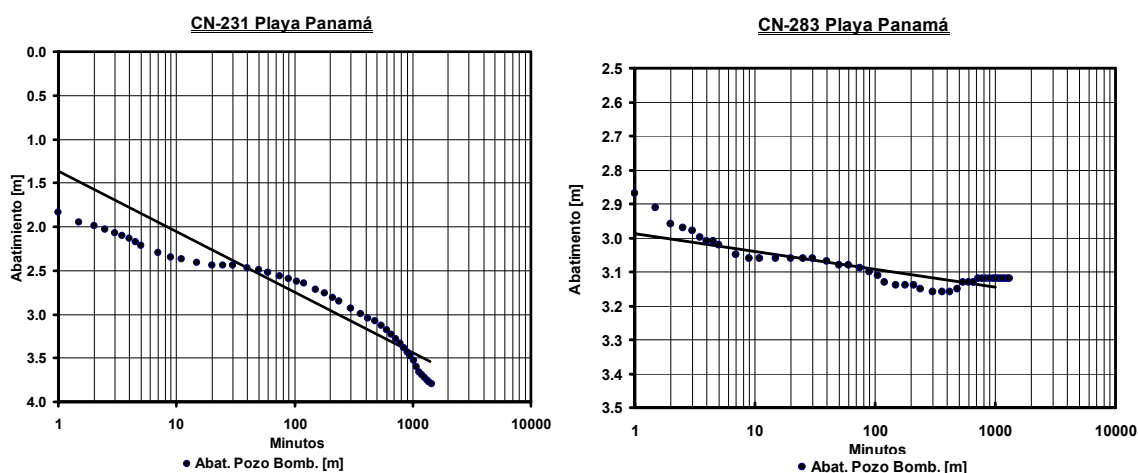


Figura 28. Gráficos dos ensaios de bombeamento dos poços CN-231 e CN-283.

Os gráficos mostraram um rebaixamento considerável nos primeiros minutos, como decorrência do armazenamento natural do reservatório hídrico. Logo após 10 minutos de bombeamento, a influência da água capilar e da gravidade, provocaram uma relativa estabilização dos níveis dinâmicos. Por último, quando foi atingido um equilíbrio entre a água por gravidade e a diminuição do nível freático devido ao bombeamento, o rebaixamento começou a aumentar de novo. Tal situação é bem observada no poço CN-231, ao contrario do poço CN-283 onde esse efeito não ocorre. Este poço está localizado mais próximo do rio Panamá (seco no momento do ensaio) e de um afloramento de basaltos, o que faria com que o equilíbrio do fluxo subterrâneo da zona aquífera tivesse sido influenciado por estes fatores.

Tabela 14. Dados hidrodinâmicos obtidos a partir dos ensaios de bombeamento realizados nos poços da zona aquífera de Playa Panamá.

Poço	Data	Duração (h)	Vazão (L/s)	T (m ² /d)	K (m/d)	S
CN-336	-	-	3	395	17,2	-
CN-231	10-05-05	60	11	1440	61,8	-
CN-259	22-06-05	24	8	1200	52,2	-
CN-283	29-03-06	19	15	4500	195,6	0,03

Os valores de T para a zona aquífera apresentaram uma média de 1883 m²/d, dado muito diferente aos 296 m²/d reportados por Arellano e Vargas (2001). Os valores de T apresentados na Tabela 14 são maiores no setor central em relação ao setor nordeste da zona aquífera, o que sugere a existência de uma diferença no contexto físico entre estes dois setores.

O coeficiente de armazenamento obtido, da planilha eletrônica utilizada, é típico de aquíferos livres.

4.5 Potenciometria e fluxo subterrâneo

4.5.1 Mapa potenciométrico

O nível freático do aquífero, na zona de estudo, está influenciado principalmente pela recarga na estação chuvosa, e também recebe a influência da oscilação da maré. Para avaliar esta feição hidrogeológica e entender a hidrodinâmica das linhas de fluxo subterrâneo, foram analisadas as altitudes dos níveis estáticos dos poços (registros de SENARA e AyA). Tais dados foram complementados com novas medições das profundidades dos níveis estático e dinâmico, obtidos em 10 poços durante a estação seca do ano 2006 (Figura 29).



Figura 29. Medição do nível da água no poço 99-030.

Os arquivos do SENARA e do AyA, complementados pelos novos dados coletados, incluem informações potenciométricas de 35 poços assim distribuídos: três nos basaltos, dois nos ignimbritos e 30 nos depósitos recentes. Os dados dos poços da zona aquífera indicaram algumas ambigüidades com respeito à localização, profundidade do nível freático e altitude do poço.

O mapa potenciométrico obtido se apresenta na Figura 30, ele foi ajustado para reduzir as inconsistências da interpolação, derivadas da potenciometria sazonal do aquífero, uma vez que os dados utilizados não correspondem ao mesmo período de tempo (potenciometria aparente). Foi assumido que a variação da potenciometria do aquífero é depreciável, sendo que durante a estação seca o nível é mantido pela influencia da recarga indireta das rochas adjacentes (modelo estacionário).

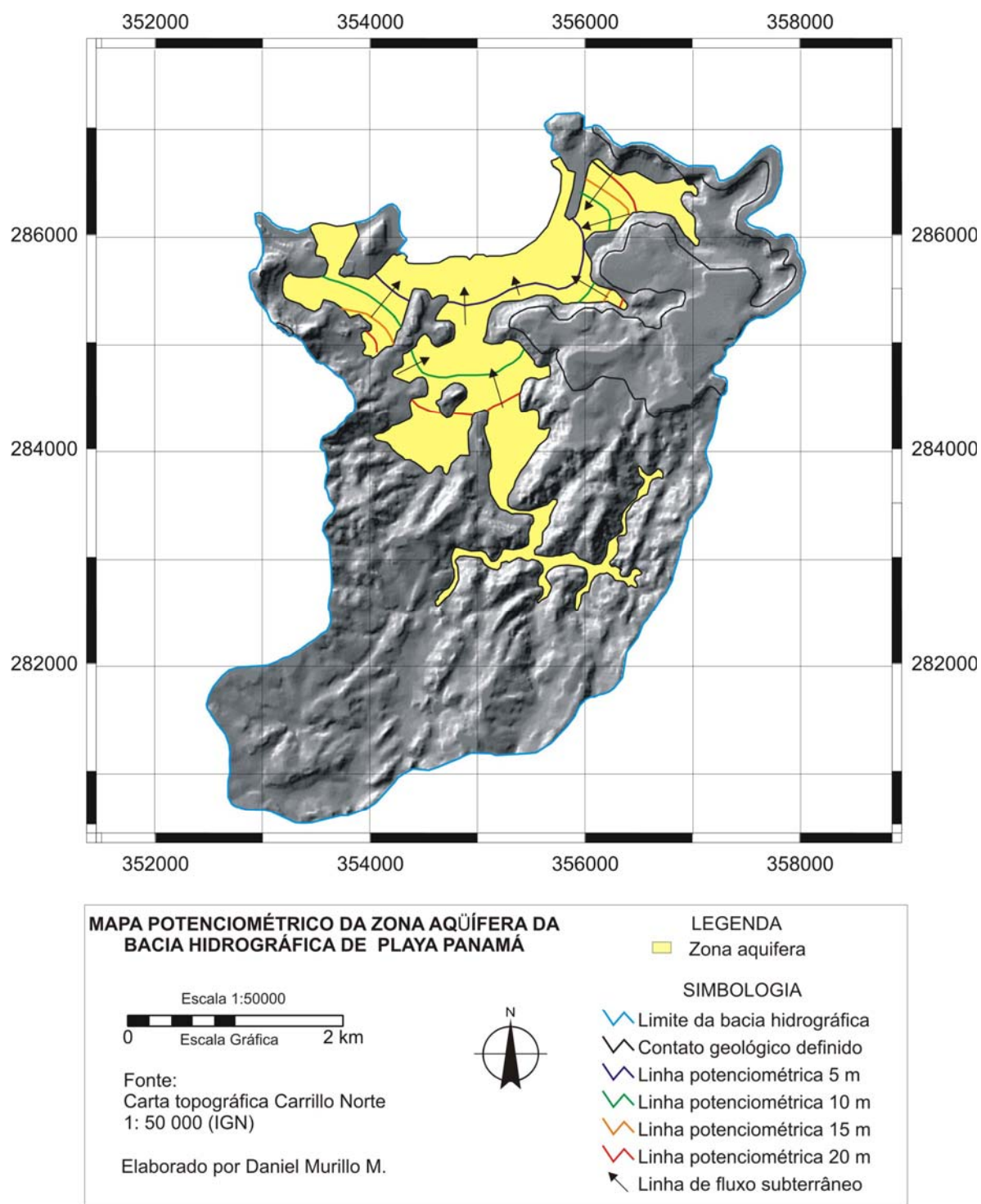


Figura 30. Mapa potenciométrico da zona aquífera da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

O mapa potenciométrico da zona aquífera de Playa Panamá deve ser considerado como preliminar. Porém, ele reflete aceitavelmente as suas características hidrogeológicas e hidrodinâmicas.

A forma das linhas isopotenciométricas sugeriu que a hidrodinâmica subterrânea está controlada pela recarga indireta, sendo que o gradiente hidráulico é análogo ao gradiente topográfico e as linhas de fluxo têm direção ao mar.

4.5.2 Descarga subterrânea potencial

Para o cálculo da descarga subterrânea potencial, foi empregado o método TiL. Este método considera a transmissividade, o gradiente potenciométrico “i” e o comprimento da frente do aquífero “L”. Segundo Custódio e Llamas (2001), a vazão (Q) é definida como:

$$Q = T \times i \times L$$

Para a zona aquífera foi utilizada a transmissividade média de 1883 m²/dia, própria do setor central, avaliado por meio dos ensaios. O gradiente potenciométrico foi assumido entre as curvas isopotenciométricas de 5 e 10 m, uma vez que a área entre estas duas curvas abrange grande parte do setor central, além de conter dois dos quatro poços onde foram calculados os valores de T. Como a distância entre ambas as isolinhas é de aproximadamente 0,7 km, o valor de i é igual a 0,007. A largura utilizada (0,75 km) corresponde com ao comprimento médio das curvas referidas. Sendo assim, a vazão de descarga calculada foi de 411,9 m³/h, o que é equivalente a 114,9 L/s. Este valor calculado representa indiretamente o potencial da zona aquífera, o qual foi maior do que a recarga potencial dos depósitos recentes, indicando a existência de recarga indireta na zona aquífera. A descarga mínima atual da zona aquífera foi de 154,2 L/s (552,8 m³/h). O valor obtido corresponde a um 75% da recarga potencial total da bacia hidrográfica.

Outro método para avaliar preliminarmente o potencial da zona aquífera foi também calculado por meio da porosidade efetiva (igual ao S) e da espessura média saturada (h_s). Foi usada a seguinte equação:

$$V = A \times S \times h_s$$

“A” é a área total dos depósitos recentes no valor igual a 3,8 km², foi considerada uma h_s de 20 m. O volume permanente (V) de água armazenada foi de 2,28 x 10⁶ m³, sendo a vazão equivalente igual a 72,3 L/s (259,2 m³/h). Este resultado diverge com o valor obtido pelo método TiL. A diferença entre ambos os resultados foi produto das variáveis consideradas, particularmente o coeficiente de armazenamento. Esta variável foi assumida constante neste método, mas na realidade este parâmetro teria uma propriedade anisotrópica.

4.6 Interface água doce-água salgada

Para estimar a profundidade preliminar da zona de dispersão salina, utilizou-se o princípio de Ghyben-Herzberg (Custódio, 1987), segundo o qual dois líquidos de densidades distintas em estado estacionário, mantêm o equilíbrio por variações da altitude do nível freático e da profundidade da zona de dispersão salina. O princípio considera os valores de densidade da água do mar (ρ_m), da água do aquífero (ρ_a), a altitude do nível freático (h_f) e a profundidade da zona de dispersão salina (z). Conhecendo o valor de três desses quatro parâmetros pode-se calcular o outro. Considerando que na estação seca o fluxo subterrâneo deve ser menor e portanto a intrusão salina maior, tomou-se a densidade da água do mar como $1023,1 \text{ Kg/m}^3$, e a densidade da água natural igual a 1000 kg/m^3 . Assumindo que a profundidade máxima que pode atingir a zona de dispersão salina nos depósitos recentes corresponde a espessura média do aquífero (22,1 m), o valor do nível freático é igual a:

$$h_f = (\rho_m - \rho_a) * z / \rho_a = \mathbf{0,5 \text{ m}}$$

O resultado sugere que a presença da zona de dispersão salina se daria antes da isopotenciométrica de 0,5 m, muito próximo à faixa costeira.

A intrusão salina se define como o movimento, temporal o permanente, da água salgada para o interior do continente, deslocando a água doce. A água captada no aquífero costeiro é poluída quando a porção ativa da captação é afetada pela zona de dispersão salina (Arellano e Vargas 2001). A contaminação salina se define quando a poluição é por causa das atividades humanas.

5. HIDROQUÍMICA

A avaliação hidroquímica do aquífero poroso da bacia hidrográfica de Playa Panamá incluiu o estudo detalhado de análises físico-químicas de 10 amostras. Esta avaliação visou determinar a caracterização dos parâmetros físico-químicos básicos e a classificação das águas subterrâneas; com ênfase na análise da influência da poluição da zona de dispersão salina e antrópica nas águas do reservatório.

5.1 Hidroquímica de aquíferos costeiros

Geralmente as características hidroquímicas dos aquíferos costeiros estão condicionadas à interação com a água do mar. Para Custódio (1987), os aspectos hidroquímicos nas áreas costeiras são considerados importantes, devido à rápida mudança das fácies hidroquímicas, e, especialmente ao processo de troca iônica. Na Tabela 15, é apresentado os valores da composição química da água do mar (Custodio e Llamas 2001).

Tabela 15. Composição química típica da água do mar.

Elemento	HCO ₃	SO ₄	Cl	Na	K	Ca	Mg	STD
(g/L)	0,07-0,14	2,4-2,7	17,5-19,0	9,7-10,5	0,36	0,38-0,40	1,0-1,3	33-35

A hidroquímica de aquíferos costeiros dependerá do seu entorno climático e biológico, e também das características hidrogeológicas inerentes, tais como tipo de solo e rocha armazenadora e da área fonte, espessura, arranjo estratigráfico, magnitude de extração dos poços próximos, além das atividades humanas que são desenvolvidas sobre eles.

5.2 Análise físico-química da água subterrânea da área estudada

Foram utilizados dados de 10 amostras coletadas em 8 poços tubulares rasos, das quais 8 foram coletadas durante o mês de março de 2006 e duas foram obtidas dos arquivos do Laboratório Nacional de Águas do AyA (LNA). As análises físico-químicas foram realizadas um dia após a coleta, utilizando o *Standard Methods* da *American Public Health Association* (1995).

Na Tabela 16 são apresentados os resultados das análises físico-químicas. Os seguintes parâmetros foram determinados para cada amostra: HCO₃⁻, Cl⁻, F⁻, PO₄⁻, NO₃⁻, SO₄⁻², Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺, alcalinidade total, dureza total, pH e condutância

específica (C). Os sólidos totais dissolvidos (STD) foram calculados a partir do método das espécies químicas. O pH, a temperatura e a condutância específica da água foram medidos *in situ*.

Para a nomenclatura de cada amostra foi utilizado um código alfa numérico de 7 dígitos. O PPM significa Poço Praia Panamá e os algarismos correspondem à sequência usada pelo LNA.

Tabela 16. Resultados das análises físico-químicas das amostras coletadas em poços rasos na zona aquífera de Playa Panamá.

Parâmetros (mg/L)*	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
Poço	CN-156	CN-232	CN-336	CN-96	CN-284	CN-86	CN-156	99-030	CN-232	CN-283
Data	17/03/00	05/02/01	16/03/06	16/03/06	23/03/06	23/03/06	23/03/06	23/03/06	23/03/06	23/03/06
Temp. (°C)	sd	sd	28,7	27,7	28,9	30,1	28,4	sd	sd	sd
pH	sd	sd	6,77	7,03	6,90	7,17	6,90	6,81	6,74	Sd
C (µS/cm)	sd	sd	485	429	431	467	401	467	492	485
*Alcalinidade total	188	224	226	239	244	257	226	261	278	252
*Dureza total	193	220	235	227	207	243	200	236	251	236
*HCO ₃ ⁻	229,4	273,3	275,7	291,6	297,7	313,5	275,7	318,4	339,2	307,4
*Cl ⁻	12,40	10,50	25,50	6,90	4,98	7,35	5,70	6,08	6,60	13,70
*F ⁻	0,18	sd	0,16	0,16	0,16	0,05	0,16	0,11	0,11	0,11
*NO ₃ ⁻	4,51	3,79	1,65	2,29	1,43	5,02	2,0	3,64	1,59	8,81
*SO ₄ ⁻²	10,81	12,84	26,77	3,97	7,32	5,48	4,36	9,45	11,35	9,77
*Ca ⁺²	44,4	48,8	52,4	52,4	50,8	54,0	46,4	54,4	54,4	56,0
*Mg ⁺²	20,0	23,9	25,4	23,4	19,5	26,3	20,5	24,4	28,0	23,4
*K ⁺	1,0	1,0	3,9	1,7	1,0	1,4	1,0	1,4	1,1	1,0
*Na ⁺	13,5	17,5	21,0	15,5	21,0	16,5	15,0	17,5	19,0	17,5
*STD	221.5	254.9	294.6	252.1	255.0	272.9	233.0	276.2	291.7	284.0

sd= sem dado.

5.2.1 Avaliação da consistência das análises físico-químicas

Para análises completas, entendidas como aquelas que incluem os ânions e cátions principais (Custódio e Llamas, 2001), foram realizadas as comprovações analíticas para verificar a sua qualidade, a qual pode estar afetada por erros analíticos. Esta comprovação visou avaliar a coerência interna das variáveis consideradas para um conjunto de amostras coletadas num mesmo contexto geoambiental. As verificações são feitas, normalmente, por meio da aplicação do balanço iônico, porém, também são utilizados outros testes como a comparação dos STD calculados e medidos ou da condutância específica com a salinidade.

5.2.1.1 Balanço iônico

O princípio deste método está baseado na neutralidade da água, ou seja, na carga total (soma de cátions e ânions) nula. O balanço iônico consiste em calcular a razão da diferença entre as somatórias das concentrações iônicas de ânions e cátions (expressas como r ou meq/L). Custódio e Llamas (2001), explicam que essa diferença é devida à acumulação de erros na determinação de cada variável e por desprezar as contribuições iônicas menores.

Para Lloyd e Heathcote (1985), a percentagem da diferença ou erro do balanço iônico se define como:

$$\text{DBI ou EBI (\%)} = 100 * \frac{(\sum r \text{ cátions} - \sum r \text{ ânions})}{(\sum r \text{ cátions} + \sum r \text{ ânions})}$$

Porém, Custódio e Llamas (2001) utilizam a seguinte equação:

$$(\%) = 200 * \frac{(\sum r \text{ cátions} - \sum r \text{ ânions})}{(\sum r \text{ cátions} + \sum r \text{ ânions})}$$

As porcentagens da diferença do balanço iônico das análises físico-químicas da área de estudo são apresentadas na Tabela 17.

Tabela 17. DBI dos resultados analíticos das amostras coletadas.

Amostra	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
% DBI Lloyd e Heathcote (1985)	0,6	0,8	1,1	1,5	1,1	0,6	2,8	2,4	2,3	4,7
% DBI Custódio e Llamas (2001)	1,2	1,6	2,2	2,9	2,3	1,3	5,5	4,8	4,5	9,3

Para Hem (1985), valores de DBI entre 2 e 10 % refletem condições analíticas ótimas. Para Custódio e Llamas (2001) o erro admissível depende da concentração iônica e do tipo de água. A concentração iônica mostra uma proporcionalidade com a condutância específica (C) relacionada desta maneira:

C (µS/cm)	Erro admissível (%)
50	30
200	10
500	8
≥2000	4

A condutância específica média das análises físico-químicas efetuadas foi de 432 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Os valores da DBI mostraram uma média de 1,8 % segundo a fórmula de Lloyd e Heathcote (1985) e de 3,5 % segundo a fórmula de Custódio e Llamas (2001), sendo que as porcentagens máximas são de 4,7 e 9,3 %, respectivamente. Os dados utilizados neste trabalho são confiáveis segundo o critério do balanço iônico.

5.2.1.2 Condutância específica (C) e Sólidos Totais Dissolvidos (STD)

Outro procedimento para avaliar a precisão dos dados analíticos é por meio da comparação dos valores de C e dos STD. Antes de realizar tais comparações foram avaliados os valores da condutância específica. Para isso, foram comparados os resultados de laboratório com os dados obtidos *in situ*, sendo que todos esses foram considerados aceitáveis pelas porcentagens de erro que apresentaram (Tabela 18).

Tabela 18. Diferenças (%) entre as condutâncias medidas no laboratório e no campo.

Amostra	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
%	-	-	3,6	7,8	2,9	7,6	2,3	3,8	3,6	0,0

O valor de STD para cada amostra foi determinado a partir da somatória total dos íons, menos a metade da rHCO_3^- . Hem (1985), estabelece a relação $\text{STD (mg/L)} = \epsilon * C (\mu\text{S}/\text{cm})$, onde ϵ assume um valor entre 0,55 e 0,75, sendo que para águas dominadas pelos íons HCO_3^- e Cl^- teria um valor aproximado a 0,55. Neste trabalho foi assumido o valor de $\epsilon = 0,6$. A fórmula foi aplicada tanto para a C analítica quanto para a C obtida em campo. As porcentagens de erro entre os valores de STD calculados pelos métodos das espécies iônicas e de Hem (1985), são mostradas na Tabela 19.

Tabela 19. Erros (%) entre os STD calculados pelos métodos das espécies iônicas e de Hem (1985).

Amostra	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
% para C analítica	5,2	5,7	4,7	5,3	1,4	4,6	1,0	2,2	2,3	2,5
% para C campo	-	-	1,2	2,1	1,4	2,7	3,3	1,5	1,2	2,5

Os valores de C medidos no momento da coleta das amostras foram maiores e apresentaram um erro porcentual menor. Segundo Custódio e Llamas (2001) a proporcionalidade entre C e STD se define a 18 °C como $C = 1,35 \text{ STD}$. Utilizando o valor médio das razões entre a C_{campo} e STD analítico das amostras da área de estudo

(à temperatura ambiente), esta relação para as águas da zona aquífera na bacia hidrográfica de Playa Panamá seria:

$$C_{\text{campo}} (\mu\text{S/cm}) = 1,7 \text{ STD}_{\text{analítico}} (\text{mg/L})$$

5.3 Características físico-químicas da água e índices hidrogeoquímicos

Para um melhor entendimento do contexto geoambiental da zona aquífera e das suas características hidroquímicas, foi preciso analisar cada uma das variáveis físico-químicas consideradas.

5.3.1 Temperatura e potencial de hidrogênio (pH)

As temperaturas da água subterrânea variam pouco e respondem à média anual da temperatura atmosférica do local. Sua variação é significativa, principalmente em aquíferos profundos devido ao gradiente térmico (Custódio e Llamas 2001). A variação da temperatura na água controla os valores de pH e as reações químicas dos íons. Em aquíferos costeiros, a temperatura desempenha um papel importante no processo de troca iônica entre a água do mar e a água doce.

A variação de temperatura nas amostras coletadas foi insignificante (máxima de 30,1 °C e mínima de 27,7 °C). A temperatura média foi de 28,8 °C, está associada à temperatura ambiente durante o mês da coleta.

O pH é definido como a atividade do íon hidrogênio de uma solução aquosa, a qual aumenta proporcionalmente com a temperatura. O pH indica o estado de equilíbrio das reações aquosas, sendo que grande parte da sua estabilização em águas naturais é controlada pela reação de dissolução do CO₂ (Hem 1985). Os valores de pH estão geralmente entre 5,5 e 8,5.

Os valores analíticos de pH medidos nas amostras variaram entre 6,91 e 7,63, indicando um caráter levemente básico. Situação que sugere o domínio do ânion HCO₃⁻ na água do reservatório.

5.3.2 Condutância específica elétrica (C)

C é sinônimo de condutividade elétrica, definida como a capacidade para conduzir corrente elétrica.

A condutividade elétrica é proporcional à quantidade de íons disponíveis na água e reflete o seu conteúdo mineral. Este parâmetro é usado em aquíferos costeiros para avaliação da intrusão salina. Segundo Custódio e Llamas (2001), os valores de C em águas subterrâneas variam entre 100 e 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 18 °C, já na água do mar pode atingir até 45 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para avaliar preliminarmente a questão da intrusão salina, foram comparados os valores de C em relação à distância da costa e os conteúdos de Cl^- e Na^+ (Figura 31).

A dureza total, a alcalinidade total e os STD são parâmetros também proporcionais à C. As relações entre essas variáveis hidroquímicas na área de estudo, estão representadas na Figura 31.

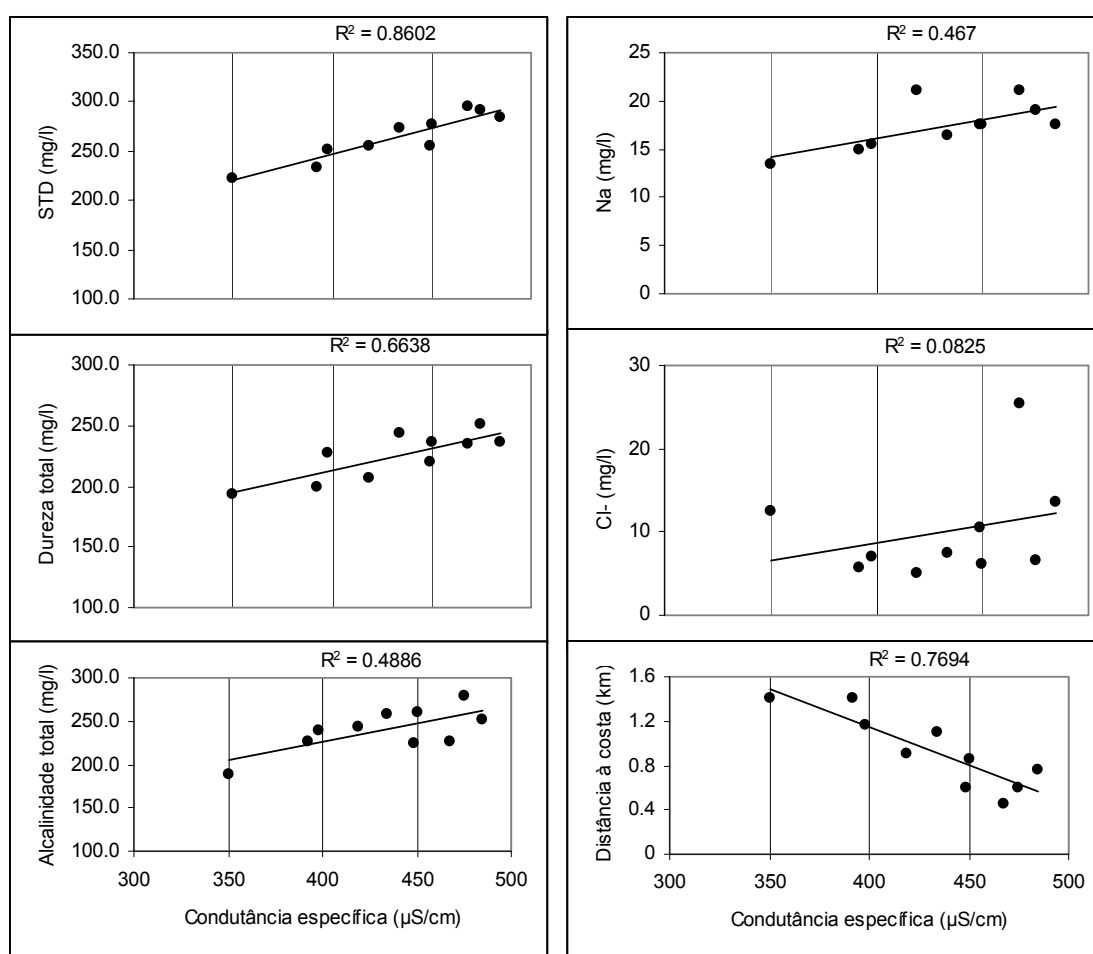


Figura 31. Relações entre C e STD calculados, dureza total, alcalinidade total, Cl^- , Na^+ e Distância relativa á costa.

A correlação entre os STD e a C nas amostras analisadas foi aceitável, apesar de serem poucos dados e que duas das amostras corresponderem a outro período de coleta, situação que influenciou nesta proporcionalidade. Já as correlações com a dureza e a alcalinidade totais estão afetadas por mais outros fatores como a evaporação do HCO_3^- .

As concentrações de Na^+ e Cl^- não mostraram correlações claras com C, indicando que estes parâmetros podem não estar controlando os processos de mineralização por meio de troca iônica. O mesmo foi observado na variação de C com a distância, cuja proporcionalidade não expressou uma relação importante com a magnitude da intrusão salina.

Os valores de C para a zona aquífera de Playa Panamá variaram de 350 a 485 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sugerindo que águas subterrâneas recebem pouca influência da água do mar. A amostra PPM-9888, foi coletada após o ensaio de bombeamento (duração total de 18 h), e a C foi medida em diferentes períodos de tempo (Figura 32). O aumento de C refletiu um incremento na concentração dos sólidos em suspensão. Deve-se levar em consideração que o poço esteve desativado e continha material acumulado no fundo.

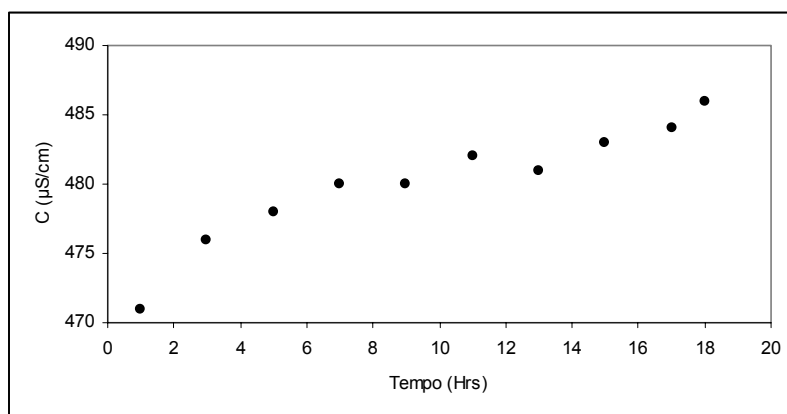


Figura 32. Variação de C no tempo no ensaio de bombeamento do poço CN-283.

5.3.3 STD e alcalinidade e dureza totais

O total de sais diluídos na água subterrânea, conhecidos como STD, varia entre 50 e 1500 mg/L (Custódio e Llamas, 2001). Os teores de STD para as águas da área de estudo não superaram os 300 mg/L e sugerem águas naturais sem influência da intrusão salina.

A alcalinidade é a capacidade da água para reagir e neutralizar ácidos; a dureza é o efeito causado pelos cátions alcalino-terrosos. A alcalinidade e dureza totais são duas propriedades relacionadas com as concentrações de bicarbonato (particularmente em águas subterrâneas) e de cálcio e magnésio, respectivamente.

Os teores de alcalinidade total reportados para a zona aquífera de Playa Panamá apresentaram uma média de 239,5 mg/L de CaCO_3 . Estes valores estão associados à presença de CO_2 no subsolo gerado pela atividade biológica, a qual na área de estudo deve ser significativa pela quantidade de floresta existente. A Tabela

20, mostra os valores de K_r das amostras analisadas. Acordo com Custódio e Llamas (2001) este valor é proporcional à quantidade de CO_2 diluído em equilíbrio e deve ser constante em aquíferos muito superficiais.

Tabela 20. Valores de K_r das amostras analisadas.

	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
K_r	3,2	3,7	3,8	3,9	3,9	4,1	3,6	4,2	4,4	4,1

Os valores são relativamente constantes, porém o valor menor do pH no poço CN-336 e o aumento da K_r do poço CN-232 ao longo do tempo, ambos localizados no setor nordeste, sugeriram uma leve condição redutora neste setor.

A dureza total exibe um teor médio de 224,8 mg/L de CaCO_3 , o qual representa águas com alta capacidade para consumir sabonete e dificultar a capacidade para cozinhar os alimentos, indicando também que os poços e a tubulação de abastecimento de água poderiam apresentar incrustações importantes. Segundo Hem (1985) alguns estudos têm tentado relacionar doenças cardiovasculares com águas de alta dureza; o valor máximo aceito pela Organização Mundial da Saúde (OMS) é de 500 mg/L expresso em CaCO_3 . Na área de estudo, o valor da dureza total está diretamente relacionado à composição basáltica das rochas do Complexo de Nicoya, principalmente à presença do magnésio (Figura 33).

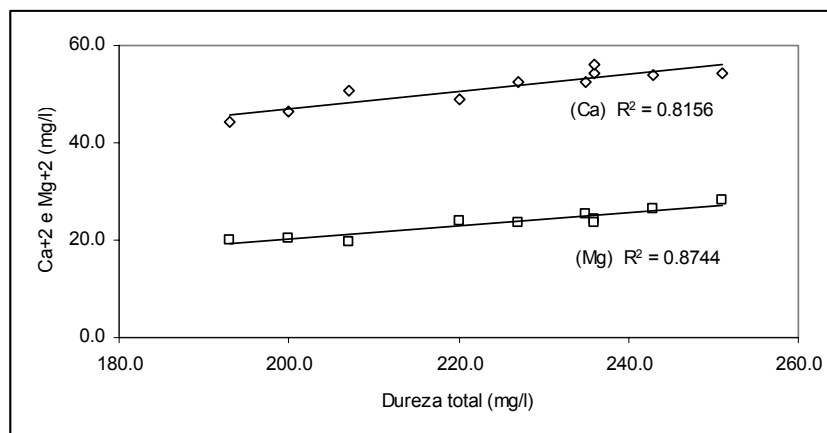


Figura 33. Correlação entre a dureza total e o Ca^{+2} e o Mg^{+2} .

5.3.4 Cálcio e magnésio

A atividade do Ca^{+2} em águas naturais está condicionada pela disponibilidade de cálcio solúvel e sulfato, assim como pela atividade das espécies carbônicas. O cálcio é um dos componentes minerais principais de rochas ígneas (particularmente do

plagioclásio) e sua concentração geralmente é baixa devido à taxa de decomposição dessas rochas (Hem 1985).

No processo de troca iônica o cálcio desempenha um papel significativo; e geralmente as águas continentais cálcicas saturam os minerais argilosos com os íons Ca^{+2} e secundariamente Mg^{+2} . Já a água do mar satura as argilas com íons Na^{+} . Se houver intrusão marinha esses íons de Na^{+} serão trocados pelos íons de Ca^{+2} , diminuindo a sua concentração na água do aquífero. Se a troca for entre os íons de cálcio e magnésio, o processo de intrusão será refletido pela diminuição da relação rMg/rCa (Custódio, 1987).

A presença de magnésio como Mg^{+2} nas águas naturais, está associada à sua capacidade de hidratação, além de ser um componente importante nos minerais das rochas ígneas, como os basaltos.

Os resultados analíticos mostraram uma concentração média de Ca^{+2} e de Mg^{+2} de 51,4 mg/L e 23,5 mg/L, respectivamente, teores típicos de águas subterrâneas (Custódio e Llamas, 2001). Ambos os teores se associam à hidratação de silicatos, sendo que o cálcio provem da alteração da anortita e o magnésio da alteração da olivina.

Em zonas costeiras, a precipitação da calcita e a razão iônica rMg/rCa maior do que 1 estão relacionadas com processos de intrusão marinha evoluídos (Custódio, 1987). Os índices de saturação (IS), em relação à calcita, foram calculados usando o programa PHREEQC (Parkhurst e Appelo, 1999) e são apresentados na Tabela 21 junto com a razão rMg/rCa .

Tabela 21. Índices de saturação em relação à calcita e razão entre as concentrações de Ca^{+2} e Mg^{+2} das amostras coletadas.

	PPM-4969	PPM-5488	PPM-9881	PPM-9882	PPM-9883	PPM-9884	PPM-9885	PPM-9886	PPM-9887	PPM-9888
$\text{IS}_{\text{calcita}}$	-0,08	0,11	-0,39	0,12	-0,01	0,27	-0,03	-0,06	-0,11	0,39
rMg/rCa	0,74	0,81	0,80	0,74	0,63	0,80	0,73	0,74	0,85	0,69

Os teores do $\text{IS}_{\text{calcita}}$ indicaram águas próximas à saturação ou levemente saturadas, porém estes valores apresentaram um erro relacionado às medições do pH. Para Hindi (1999), se o erro do pH é de $\pm 0,05$ a saturação poderia ser considerada num intervalo de $\pm 0,1$. Os resultados obtidos refletiram uma condição sazonal, neste caso da estação seca, e variam com os fatores que afetam a dissolução dos cátions do cálcio. O maior valor do $\text{IS}_{\text{Calcita}}$ da amostra PPM-9888 pode estar condicionado ao ensaio de bombeamento porque a amostra foi coletada no final da mesma.

A relação rMg/rCa é baixa e atinge uma média de 0,75, sendo que confirma o caráter natural das águas, sem sugerir poluição salina na zona aquífera de Playa Panamá. Esta relação não mostra correlação direta com os índices de saturação, ou seja, a precipitação de cálcio não afetaria a sua concentração.

5.3.5 Cloreto e sódio

A concentração dos íons Cl^- e Na^+ de aquíferos costeiros é muito utilizada para avaliar problemas de intrusão salina.

O Na^+ é muito solúvel, e em águas subterrâneas a concentração esperada oscila de 1 a 150 mg/L. Geralmente está associado à concentração de Cl^- e não é afetada por outros íons em solução, mas sim pela interação com a superfície e minerais adjacentes, especialmente as argilas no processo de troca iônica. O Na^+ provém basicamente da alteração de minerais feldspáticos, mas pode estar presente em função das atividades humanas (Custódio e Llamas, 2001, Hem 1985).

O cloreto possui também uma solubilidade alta e atinge concentrações de até 250 ppm em condições naturais. É preferivelmente associado a rochas sedimentares e as atividades humanas (Custódio e Llamas 2001, Hem 1985).

Os resultados das análises mostraram teores médios de Na^+ e Cl^- , de 17,4 e 10 mg/L, respectivamente. O cloreto nas águas subterrâneas estaria controlado pela sua concentração na água de chuva e pela influência do aerossol marinho, característico de zonas costeiras. A origem do sódio estaria vinculada com a concentração de água de chuva e a incorporação das águas duras, as quais promovem incrementos de sódio a partir dos solos por meio de troca de bases.

Algumas das razões iônicas mais importantes a serem consideradas em estudos de aquíferos costeiros, incluindo estes íons, são indicadas na Tabela 22.

Tabela 22. Razões iônicas que envolvem teores de Na e Cl das amostras coletadas.

Razão iônica	rK/rNa	rSO_4/rCl	$rCl/rHCO_3$	icb	$rAlc/rCl$
intervalo	0,03 a 0,11	0,42 a 1,28	0,03 a 0,16	-0,41 a -5,68	1,71 a 6,68

Algumas destas razões iônicas sugerem águas subterrâneas em condições naturais e sem evidência da existência de troca iônica associada a um processo de intrusão salina.

O poço CN-336, localizado no setor nordeste da bacia, apresentou valores limites na maior parte dessas relações (icb, rK/rNa e $rAlc/rCl$). A particularidade deste poço é a sua proximidade à linha de costa e ao Intrusivo Potrero. Os teores de Cl^- e,

principalmente, de Na^+ e K^+ seriam influenciados pela alta permeabilidade e composição dos sedimentos neste setor. Custódio e Llamas (2001), mencionam variações na atividade do cloreto em terrenos basálticos como decorrentes de mudanças na permeabilidade. Os teores de Na^+ e K^+ são explicados pelo maior aporte destes íons, resultantes da alteração do Intrusivo Potrero, de composição plagiogranítica, o qual, segundo Sinton *et al.* (1997), apresenta substituição do plagioclásio por albita (mineral sódico) e argila, assim como pelos óxidos de potássio.

As relações $\text{rSO}_4^-/\text{rCl}^-$ obtidas foram muito variáveis, o que indicou processos de redução de sulfatos. A comparação do icb para os poços CN-156 e CN-232 mostraram um decréscimo deste parâmetro, o que sugere uma troca de bases entre os íons alcalinos e alcalino-térreos.

5.3.6 Sulfato

Em águas subterrâneas a concentração do SO_4^- é de até 150 mg/L. e pode ser controlado por redução química do íon a partir da atividade orgânica, pela oxidação de sulfetos e pela concentração de água de chuva no solo (Custódio e Llamas, 2001, Hem 1985).

O teor médio de SO_4^- nas águas da zona aquífera estudada é de 10,2 mg/L, sendo maiores no setor nordeste dos depósitos recentes. Sua origem estaria associada principalmente a sua concentração na água de chuva e à maior permeabilidade neste setor, a qual facilitaria a incorporação deste íon no aquífero, produzido pela oxidação de minerais sulfurosos dos basaltos.

5.3.6 Nitrato

A maior parte dos compostos nitrogenados passa a NO_3^- em ambiente oxidante, embora o terreno, especialmente com atividade vegetal, tem a tendência de fixá-lo a uma concentração normal em águas subterrâneas, de 0,1 a 10 mg/L. Porém, para o consumo humano é permitido até 50 mg/L de N expressado como NO_3 .

O teor médio de nitrato das amostras analisadas foi de 3,5 mg/L. Entretanto teores acima deste valor foram identificados em poços localizados próximos da concentração urbana (CN-156 e CN-86) e também ao oeste da parte central dos sedimentos recentes onde a densidade de poços é maior (99-030 e CN-283) e onde, no passado, foi implementado um vinheiro agrícola. O alto teor no poço CN-283 é explicado porque este poço estava desativado e a conseguinte acumulação de água no fundo do poço.

5.4 Avaliação por meio de diagramas hidroquímicos

Com a finalidade de complementar a análise hidroquímica e compreender melhor as características e os fatores naturais e antrópicos que intervêm na caracterização hidroquímica das águas estudadas, foi empregado o uso de alguns diagramas hidroquímicos que são mostrados a seguir:

5.4.1 Diagrama de Scholler

É um método simples para comparar os principais íons de diferentes amostras para um mesmo contexto geoambiental. Este diagrama (Figura 34) empregou as concentrações em meq/L expressas em escala logarítmica para cada íon considerado.

A semelhança das curvas de concentração de cada íon para cada uma das amostras, denotou um mesmo contexto geoambiental, ou seja a composição das águas da zona aquífera da bacia hidrográfica de Playa Panamá está controlada principalmente pela composição das rochas adjacentes e da água de chuva. Não existem processos ou atividades físico-químicas particulares que produzam variações significativas na composição hidroquímica.

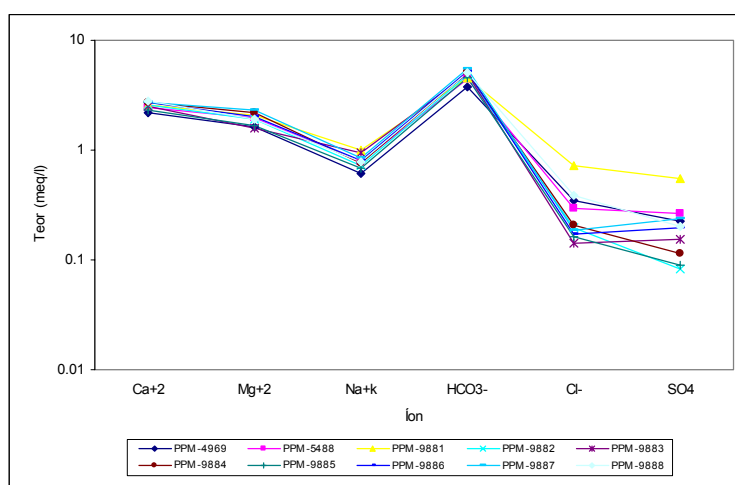


Figura 34. Diagrama logarítmico das amostras físico-químicas estudadas.

5.4.2 Diagrama de Durov

Este diagrama foi utilizado porque, além de confirmar a similaridade das águas subterrâneas permitiu avaliar outras variáveis físico-químicas, tais como temperatura, pH, STD ou condutância específica. Neste caso optou-se por avaliar a mineralização e o potencial de hidrogênio (Figura 35).

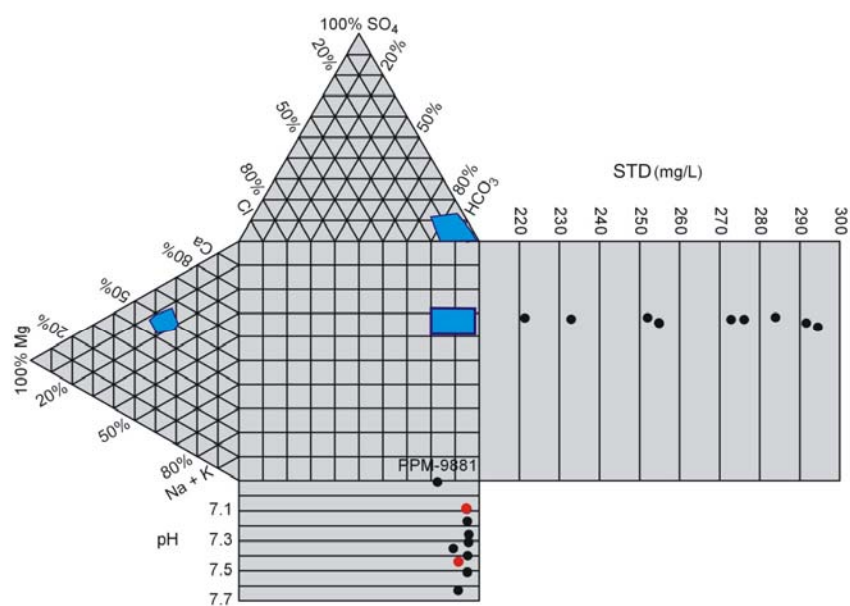


Figura 35. Diagrama de Durov das amostras físico-químicas estudadas.

Os polígonos azuis representam os Polígonos de Relações Iônicas (PRIC), definidos por Bittencourt (1993), os quais ajudam a identificar a família ou grupo de águas subterrâneas da zona aquífera de Playa Panamá, que neste caso é caracterizada por estar associada à recarga direta, principalmente. O diagrama também sugere a ausência de processos significativos de troca iônica ou de dissolução que pudessem refletir intrusão salina.

A amostra PPM-9881 do poço CN-336, tem um caráter mais ácido. Embora os teores de sulfato, sódio, cloreto e potássio sejam maiores. Estas características podem indicar alguma diferença importante no comportamento físico-químico desse setor, influenciado grandemente pela presença do corpo intrusivo. O poço CN-232, situado no mesmo setor, mostrou um decréscimo ao longo do tempo do teor dos íons cloreto e sulfato e um incremento dos teores dos cátions, e principalmente, do bicarbonato, associado a uma diminuição do pH (cor vermelha no diagrama).

As variações na mineralização e o pH indicaram mudanças dos processos e atividades locais, que estão relacionadas às características do ambiente físico e químico, tais como temperatura, taxa de intemperismo das rochas, atividade orgânica, permeabilidade, incorporação do CO₂ e influência do aerossol marinho e das atividades humanas.

5.5 Classificação hidroquímica

Comprovada a uniformidade relativa das águas da zona aquífera de Playa Panamá, considerou-se útil realizar a classificação hidroquímica das mesmas. Em geral, existem na literatura inúmeras formas de definir os tipos de água, principalmente com o objetivo de classificá-las e descrever sua gênese.

5.5.1 Íons principais

Esta classificação considera as porcentagens maiores do que 25% das concentrações (em meq/L) dos cátions e dos ânions, separadamente. Para a zona aquífera de Playa Panamá, a relação dos cátions em todas as amostras é igual, enquanto para os ânions o bicarbonato domina, mas a relação entre o cloreto e o sulfato é variável. As relações iônicas são apresentadas a seguir:

Cátions	Ânions
$rCa^{+2} > rMg^{+2} > rNa^{+}$	$rHCO_3^{-} > rCl^{-} > rSO_4^{-2}$ (70%) $rHCO_3^{-} > rSO_4^{-2} > rCl^{-}$ (30%)

Segundo a classificação de Custódio e Llamas (2001), estas relações são identificadas com um número que representa os cátions e uma letra que representa os ânions; também podem ser incluídos os valores de condutância específica. Sendo assim, as águas da área de estudo são do tipo 5-f-C2 e 6-f-C2, nomeadas como bicarbonatadas cálcio-magnesianas, com condutividades entre 250 e 750 $\mu S/cm$ a 25°C.

5.5.2 Classificação de Schoeller

Esta classificação é mais complexa, pois considera os teores absolutos (em meq/L) dos íons principais e faz ênfase na denominação segundo cada ânion, além de que inclui a relação do icb entre o Cl^{-} e o Na^{+} .

De acordo com a classificação de Schoeller, as águas da zona aquífera são do tipo 642-3b-5f e 642-3b-6f, ou seja, águas cloretadas, sulfatadas e bicarbonatadas normais, com um icb negativo, predominância do íon bicarbonato e com presença de teores importantes de cálcio e magnésio.

5.5.3 Classificação pela dureza

Todas as amostras indicam águas duras, com teores entre 193 e 251 mg/L expressados como CaCO_3 .

5.5.4 Classificação SAR

A classificação SAR (ou RAS em português) está ligada à qualidade da água para uso agrícola. Este índice é utilizado na avaliação da água para fins de irrigação de culturas. Na área de estudo, a atividade agrícola é insignificante, porém, sendo uma zona de alto potencial turístico, este índice pode ser especialmente útil para a conservação da grama de jardins e até de campos de golfe (Figura 36).

O índice SAR representa a quantidade de sódio que pode o solo adsorver, o qual foi avaliado por meio do teor relativo de sódio em, correspondência aos do cálcio e do magnésio; é expresso da seguinte maneira:

$$\text{SAR} = \text{rNa} / ((\text{rCa} + \text{rMg}) / 2)^{1/2}$$

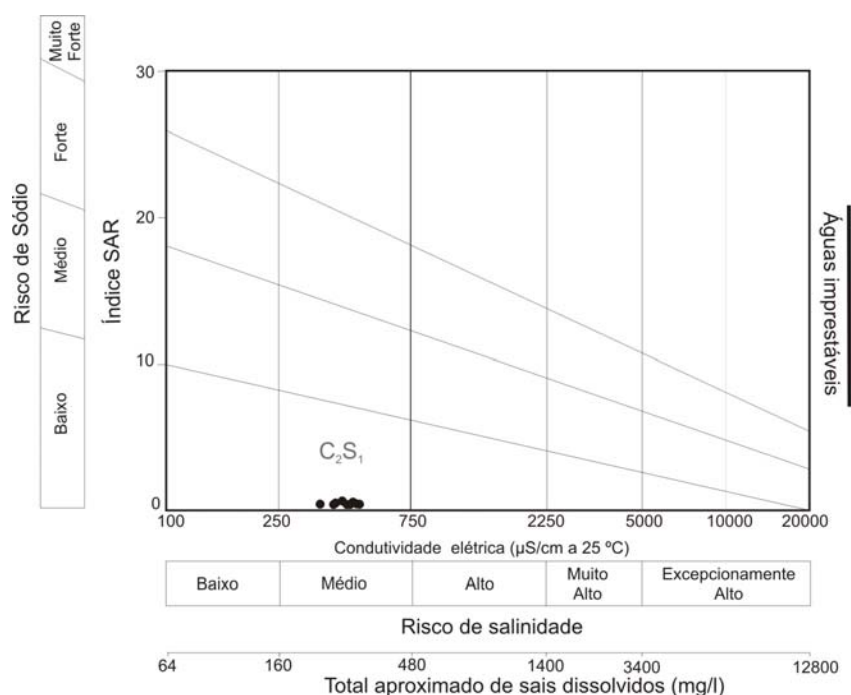


Figura 36. Classificação das águas segundo o índice SAR.

A figura 36 indica que as águas da zona aquífera possuem um risco médio de salinidade. Segundo Custódio e Llamas (2001), este tipo de águas pode ser utilizada de forma moderada.

5.6 Qualidade da água

Na zona aquífera de Playa Panamá a qualidade físico-química e bacteriológica da água subterrânea estaria condicionada, inicialmente, pelo seu contexto geombiental natural e intimamente ligada às características da água superficial devido à recarga indireta. Porém, o aumento das atividades turísticas e construções civis planejadas para esta área supõem uma mudança significativa no futuro na sua qualidade.

As análises físico-químicas das amostras representativas da zona aquífera de Playa Panamá indicaram uma qualidade da água ótima para o uso doméstico.

Os dados do LNA registram 19 análises microbiológicas de diferentes poços rasos e caçimbas da zona de estudo (período 1997-2006); estes dados são apresentados no Anexo IV. Os resultados mostraram 4 poços com teores positivos de coliformes, porém dois correspondem com uma caçimba artesanal, e os demais aos poços CN-156 (ano 1998) e CN-283. O poço CN-156 é tratado com cloro e não mostrou contaminação numa análise posterior (ano 2000).

6. GEOFÍSICA

A aplicação de métodos geofísicos visou complementar os resultados relacionados ao modelo conceitual da zona aquífera e à determinação da interface salina. Foram utilizados os métodos de resistividade com corrente contínua e o eletromagnético no domínio da frequência (condutívimetria).

6.1 Método de resistividade com corrente contínua

O princípio deste método é estimar a resistividade do subsolo a partir da sua resistividade aparente, representa uma forma de avaliar espessuras de camadas geológicas, de profundidades de superfícies freáticas e de zonas de dispersão salina, entre outros. Ward (1990), assinala que para aquíferos homogêneos com presença de argila a resistividade do conjunto rochoso é definida pela equação de Simandoux:

$$1/p_r = (V_{cl} S_w / p_{cl}) + (\phi^m S_w^2 / a p_w)$$

a, m, são constantes que dependem da formação rochosa

p_w é a resistividade dos poros do fluido

ϕ e a porosidade da formação rochosa

S_w é o grau de saturação

V_{cl} é o volume da fração argilosa

p_r é a resistividade da fração rochosa

p_{cl} é a resistividade da fração argilosa

Neste trabalho, a zona aquífera de Playa Panamá foi considerada como homogênea, é composta por areias grossas e seixos com algumas lentes e horizontes de argila. Os dados disponíveis não permitiram quantificar o volume e a resistividade da fração argilosa a partir dos valores de resistividade dos depósitos recentes.

O método resistivimétrico empregado utiliza uma fonte geradora de corrente (I) que é injetada de forma contínua no solo através de dois eletrodos (A e B); a corrente produz uma diferença de potencial (ΔV) que é medida nos eletrodos de potencial (M e N). A disposição relativa dos eletrodos é conhecida como arranjo elétrico e depende das características do processo ou atividade a serem estudadas. Geralmente, o método é utilizado nas formas de Sondagens Elétricas Verticais (SEVs) e caminhamentos elétricos (CEs). Os primeiros visam obter a variabilidade vertical da

resistividade aparente ao longo de um ponto único e são usados para a interpretação de camadas litológicas horizontais em profundidade. A segunda técnica visa obter um perfil ao longo de uma linha de pontos, com a vantagem de analisar a variabilidade lateral e em profundidade do alvo geológico estudado, ou como no caso de intrusão salina, avaliam a interface água doce-água salgada. A profundidade estudada é proporcional (não diretamente) à distância $AB/2$. Ambas as técnicas de pesquisa foram empregadas utilizando um único equipamento geofísico (Figura 37).



Figura 37. Equipamento geofísico utilizado nos ensaios de resistividade com corrente contínua.

6.1.1 Sondagens Elétricas Verticais (SEVs)

Foram realizadas 13 SEVs entre janeiro e junho de 2006. Com exceção de uma única SEV, as demais foram executadas nos depósitos recentes (Figura 38). A SEV13 foi efetuada para caracterizar a resistividade dos ignimbritos da Formação Bagaces.

A disposição dos eletrodos no arranjo utilizado (Schlumberger) é apresentada na figura 39. Para conseguir uma melhor correlação dos dados, tentou-se manter a relação máxima de $MN \approx 1/5$ de AB . Para verificar a continuidade dos valores em alguns pontos, utilizou-se a chamada “embreagem” (se utiliza a mesma abertura de $AB/2$ para duas aberturas de $MN/2$). O valor da resistividade aparente, expressada em Ωm (Ohm metro) é definido por $R \cdot \kappa$, sendo R a resistência igual a $\Delta V / I$ (diferença de potencial dividido pela corrente atuante) e κ é o coeficiente geométrico do arranjo, onde $\kappa = 2\pi \left(\frac{1}{AM} + \frac{1}{AN} + \frac{1}{BM} + \frac{1}{BN} \right)$.

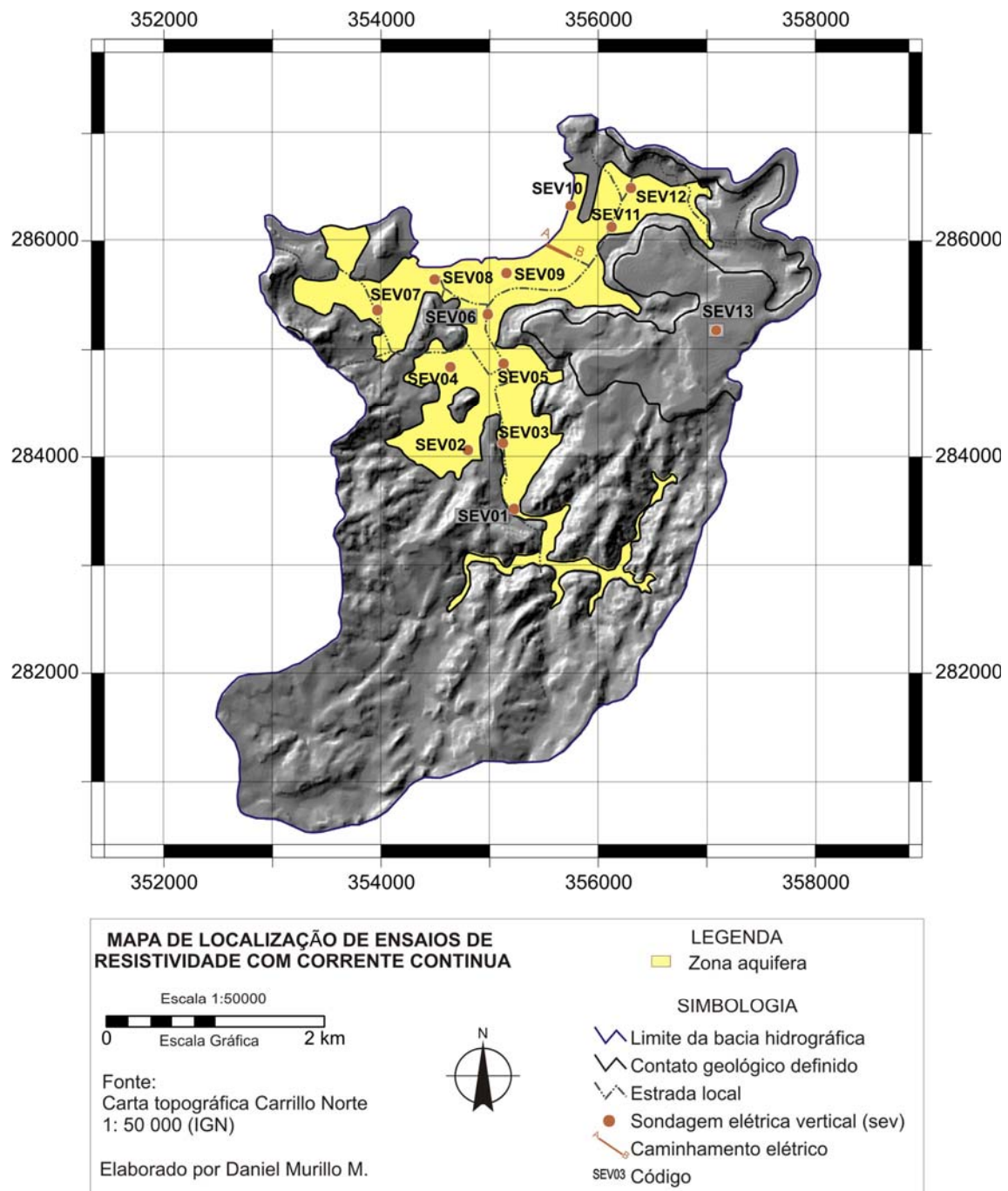


Figura 38. Localização dos ensaios de resistividade com corrente contínua.

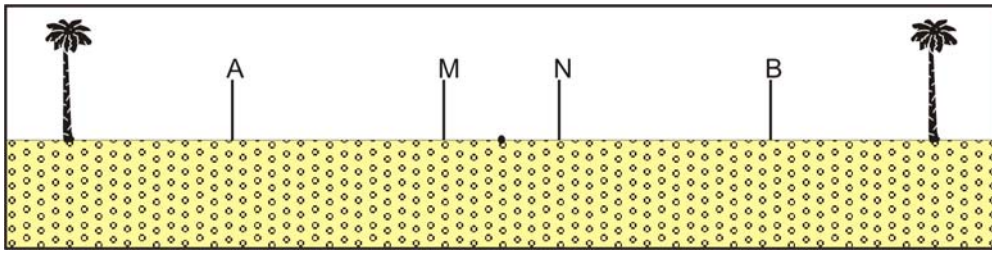


Figura 39. Disposição dos eletrodos no arranjo schlumberger.

A inversão das SEVs localizadas sobre os depósitos recentes, foi feita assumindo um modelo geral de quatro camadas (terrenos): a primeira delas (no topo) representa aquele horizonte com alguma formação de solo ou presença de material orgânico; a segunda e terceira camadas, corresponderiam à zona não saturada e à zona saturada, respectivamente, sendo o nível freático o limite entre elas; a última camada representa o embasamento regional. Os valores anômalos de resistividade aparente foram filtrados dos modelos a fim de conseguir um erro de inversão menor. A inversão da resistividade aparente permitiu conhecer também a espessura aproximada das três primeiras camadas, pois se considerou que o embasamento tem espessura infinita.

O conhecimento da resistividade aparente da primeira camada é importante para entender a resistividade das camadas inferiores, pois se a camada superior mostra valores muito baixos, os valores das demais camadas poderiam ser subestimados. A resistividade do embasamento é relativa e não é representativa do tipo de rocha, já que a sua espessura não é conhecida. Para avaliar a consistência da inversão desta camada é necessário que os valores nos gráficos de $AB/2$ versus resistividade aparente se disponham, aproximadamente, segundo uma reta com inclinação de 45° . Os resultados das inversões das primeiras 12 SEVs são apresentados na Figura 40.

As SEVs 01 a 06, mostradas na Figura 40, foram realizadas nos setores sul e central da zona aquífera. As curvas de inversão de resistividade aparente são muito semelhantes em cinco delas, sendo que as diferenças são devidas às variações nas espessuras das camadas dos modelos. As curvas com concavidade mais acentuada refletem uma profundidade maior do embasamento, o qual é representado no ramo final ascendente das curvas.

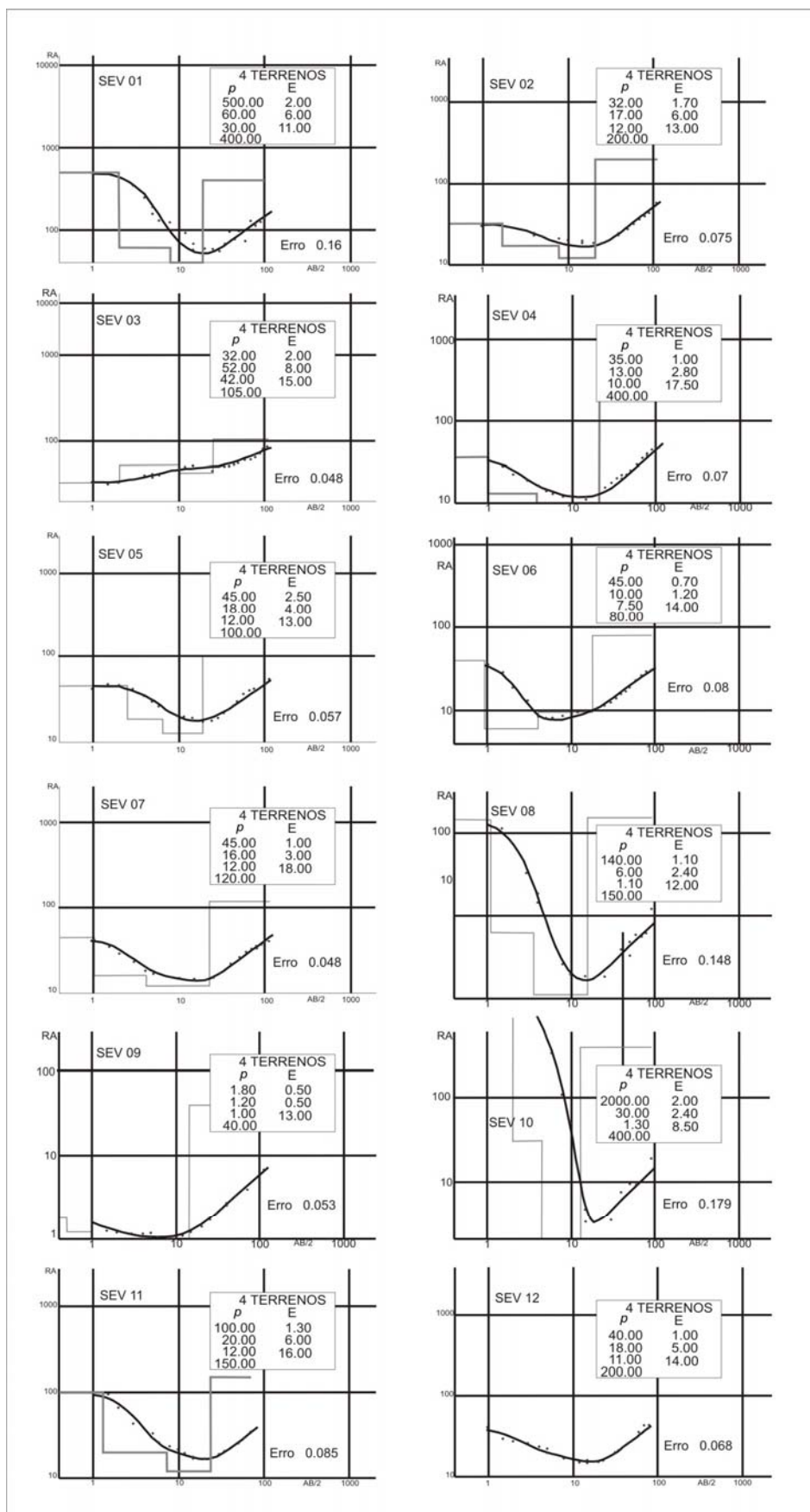


Figura 40. Resultados da inversão da resistividade aparente das SEVs realizadas sobre a zona aquífera.

A SEV 01 foi efetuada sobre sedimentos arenosos no leito do rio Panamá. A resistividade de 500 Ωm se relaciona com a maior porosidade e menor compactação do material; a ZNS teria uma mistura deste material com argila, sendo que sua resistividade foi de 60 Ωm . O nível freático foi identificado a partir dos 8 metros de profundidade, onde o valor de resistividade caiu pela metade (30 Ωm) devido à alta condutividade da água. É provável que as resistividades da ZS e da ZNS fossem afetadas pela alta resistividade das areias do aluvião. O erro de inversão desta SEV, está relacionado a uma maior dispersão dos dados, produto da não linearidade da sondagem, devido à sinuosidade das condições geomorfológicas nesse lugar.

A SEV03, também no setor sul da zona aquífera, mostrou resultados muito diferentes da SEV01. A primeira camada, além de conter alguma areia, encerraria muito mais argila, o que se refletiu na sua resistividade de 32 Ωm , além do incremento na sua porosidade efetiva. O valor de resistividade da ZNS (52 Ωm) sugere que o conteúdo de argilas é menor e o material predominante são os conglomerados angulares, os quais possuem alta porosidade e controla, de alguma forma, o valor da resistividade da ZS (42 Ωm). Esta SEV registra a maior espessura de depósitos recentes (~ 25 m).

As SEVs 02, 04, 05 e 06 revelaram condições similares no seu contexto geológico de subsolo, sendo que o horizonte superior tem presença de argilas e a sua resistividade oscila entre 32 e 45 Ωm . Porém, a resistividade da ZNS é menor (10 a 18 Ωm), sendo que a compactação e a umidade do material devem ser maiores neste horizonte. A ZS mostra valores de resistividade menores (7,5 a 12 Ωm) do que as duas camadas superiores; mesmo que o material seja composto principalmente por conglomerados, a presença da água condiciona suas propriedades resistivas.

No setor noroeste dos depósitos recentes o perfil de resistividade do modelo proposto foi muito semelhante ao setor central. Os resultados da inversão da SEV07 mostraram que a espessura dos depósitos na parte central deste setor é aproximadamente 22 m.

O resultado da inversão das SEVs 11 e 12, efetuadas no setor nordeste, não mostraram variações significativas com respeito àqueles dos setores central e sul. O valor da resistividade da primeira camada da SEV11 (100 Ωm) é decorrente de seu posicionamento sobre um pequeno aterro utilizado na construção da estrada local, fator que influi na porosidade e compactação do material. A ZNZ e a ZS mostraram resistividades médias de 19 e 11,5 Ωm , respectivamente.

As SEVs 08 a 10, localizadas próximas à faixa costeira, mostraram inversões muito particulares. É importante mencionar que a SEV 09 foi realizada sobre os sedimentos finos do manguezal formado na desembocadura do rio Panamá. As SEVs

08 e 10 foram executadas sobre as dunas dos depósitos costeiros. Na SEV09 foi evidente a influência da baixa resistividade (ou alta condutividade) das argilas nos resultados da inversão, tanto para a ZNS, quanto para a ZS. As resistividades nestas primeiras camadas do modelo não superaram o valor de 1,8 Ωm . O interessante deste fato é que foi assumido que a ZS é composta por conglomerados angulares, tendo valor muito baixo em relação às demais SEVs. Isto sugeriu a presença de água salgada neste horizonte. Nas SEVs 08 e 10, a camada superior apresentou valores de resistividade muito elevados (140 e 2000 Ωm), devido a alta porosidade das areias das dunas. Porém, o contraste com a resistividade da ZS é evidente, sendo os valores entre 1,1 e 1,3 Ωm indicativos da presença da zona de dispersão salina a uma profundidade não superior a 15,5 m. Os resultados da inversão das SEVs próximas à faixa costeira revelaram também que a espessura da zona aquífera diminui em direção ao mar.

Para a inversão da resistividade aparente de cada SEV, foi muito importante estabelecer o modelo conceitual inicial, o qual foi considerado válido porque ele reflete as características observadas nos registros litológicos dos poços e nos afloramentos de campo. A separação da camada superior da ZNS foi significativa, pois a primeira apresenta diferenças de composição física, química e biológica (atividade de plantas).

Para verificar a equivalência dos resultados da inversão das SEVs realizadas sobre os depósitos recentes, as espessuras obtidas a partir delas foram comparadas com as espessuras registradas em alguns poços. A Tabela 23 mostra os resultados.

Tabela 23. Comparação dos resultados obtidos a partir das sevs com os registros litológicos de alguns poços da zona aquífera.

	Separação Relativa (m)	σ (Ωm)	Espessura (m)	Diferença (%)	Erro da inversão (%)
SEV01 Poço CN-291	255	30-500	19 23	17	16,3
SEV02 Poço CN-231	140	12-32	20,7 20	3,5	7,5
SEV04 Poço CN-259	120	10-35	21,3 23	7,3	7,0
SEV07 Poço CN-113	340	12-45	22 23	4,3	4,8
SEV11 Poço CN-336	190	12-100	23,3 23	1,3	8,5
SEV12 Poço CN-232	80	11-40	20 7	65	6,8

A diferença entre as espessuras obtidas a partir dos resultados da inversão das SEVs e os registros dos poços foi pouco significativa na maioria deles. Para a SEV01 a diferença é causada pela distribuição dos dados de resistividade aparente na curva de inversão, que é afetada pelo alto valor da camada superior e pelo desvio na linha da sondagem. Para a SEV12, o grande contraste foi produto da interpretação do

registro litológico, segundo o qual haveria basalto intemperizado entre as profundidades de 7 e 14 m. Porém, segundo o valor da resistividade obtido a partir da inversão, tal horizonte corresponde aos conglomerados angulares. Assim, a espessura total dos depósitos recentes no perfil seria de 21 m e não de 7 m. Neste caso, a diferença percentual entre ambas as espessuras seria de apenas 5 %. Outro fator que influenciou no valor das diferenças, foi a distância relativa entre os poços e as SEVs, sendo que a profundidade do embasamento pode variar de um lugar para o outro.

A SEV13 foi invertida com base num modelo de cinco camadas. A primeira delas corresponde ao solo, a segunda a ZNS dos ignimbritos da Formação Bagaces, a terceira é a ZS, a qual atinge o contacto entre esta unidade geológica e os basaltos, e a quarta camada, representa o solo residual gerado sobre o embasamento (Figura 41).

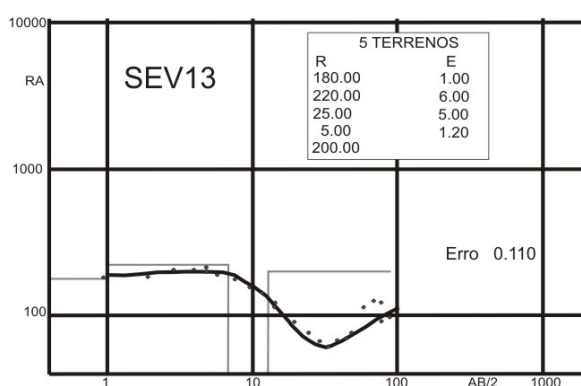


Figura 41. Resultado da inversão da SEV13.

A curva obtida a partir dos dados da SEV13 refletiu condições geológicas diferentes daquelas SEVs realizadas sobre a zona aquífera. O solo gerado a partir do intemperismo dos ignimbritos é pouco desenvolvido; o valor de resistividade da inversão representa o grau de fraturamento na parte superior desta unidade geológica e, portanto, da sua porosidade efetiva (Figura 42). Os ignimbritos possuem uma resistividade elevada, de 220 Ω m (superfície pouco úmida). O resultado mais interessante é a comprovação do nível freático (7 m de profundidade) e, por conseguinte, do aquífero formado nesta unidade geológica. A espessura medida para os ignimbritos segundo a inversão dos dados desta SEV foi de 12 m, sendo que abaixo está o solo argiloso gerado pelos basaltos do embasamento (resistividade de 5 Ω m).



Figura 42. Horizonte superior dos ignimbritos no local da SEV13.

6.1.2 Caminhamento elétrico

O arranjo elétrico utilizado para o único caminhamento elétrico efetuado foi o Wenner, cuja disposição de eletrodos caracteriza-se pela mesma separação (a). Para alguns autores, o valor da profundidade é igual a " $a/2$ " e para outros é " \sqrt{a} ". As aberturas utilizadas entre eletrodos, foram de 2,4,8,16 e 32 m e o comprimento total do caminhamento atingiu 0,21 km. O ponto inicial deste está localizado a 50 m da linha de maré alta. O valor do coeficiente geométrico deste arranjo é expresso como $\kappa = 2\pi a$.

As pseudoseções geradas a partir das resistividades aparentes medidas e calculadas, assim como o modelo (inversão) gerado a partir delas, são apresentadas na Figura 43.

A seção da resistividade modelada refletiu os sedimentos recentes da zona aquífera. Sua parte superior se caracterizou por ter uma resistividade alta ($> 26 \Omega\text{m}$), nos primeiros 4 m de profundidade, representando o material arenoso do cordão dunar (primeiros 30 m de comprimento) e o horizonte situado acima da ZNS dos conglomerados angulares (distância entre 30 a 200 m). A resistividade do corpo principal de sedimentos (após dos 15 m de distância) foi baixa, sendo que o valor médio seria de aproximadamente $10 \Omega\text{m}$, o qual coincide com os valores aproximados de resistividade da ZS estimados pelas SEVs. A baixa resistividade no segmento final desta seção do aquífero sugere, preliminarmente, a presença de alguma lente de argila.

Após os 4 metros de profundidade, a resistividade foi muito baixa nos primeiros 16 metros do caminhamento, sendo que é relativamente maior no final deste intervalo. A tendência e forma das curvas de isoresistividade sugerem a presença da zona de dispersão salina, a qual se encaixa nos sedimentos recentes até uma profundidade máxima de 15 m. Assim, a distância máxima da intrusão salina seria de aproximadamente 65m para o interior do continente desde a linha de maré alta.

Embora o caminhamento tenha sido realizado no setor nordeste da zona aquífera, acredita-se que a condição da zona de intrusão salina seja similar em toda a faixa costeira.

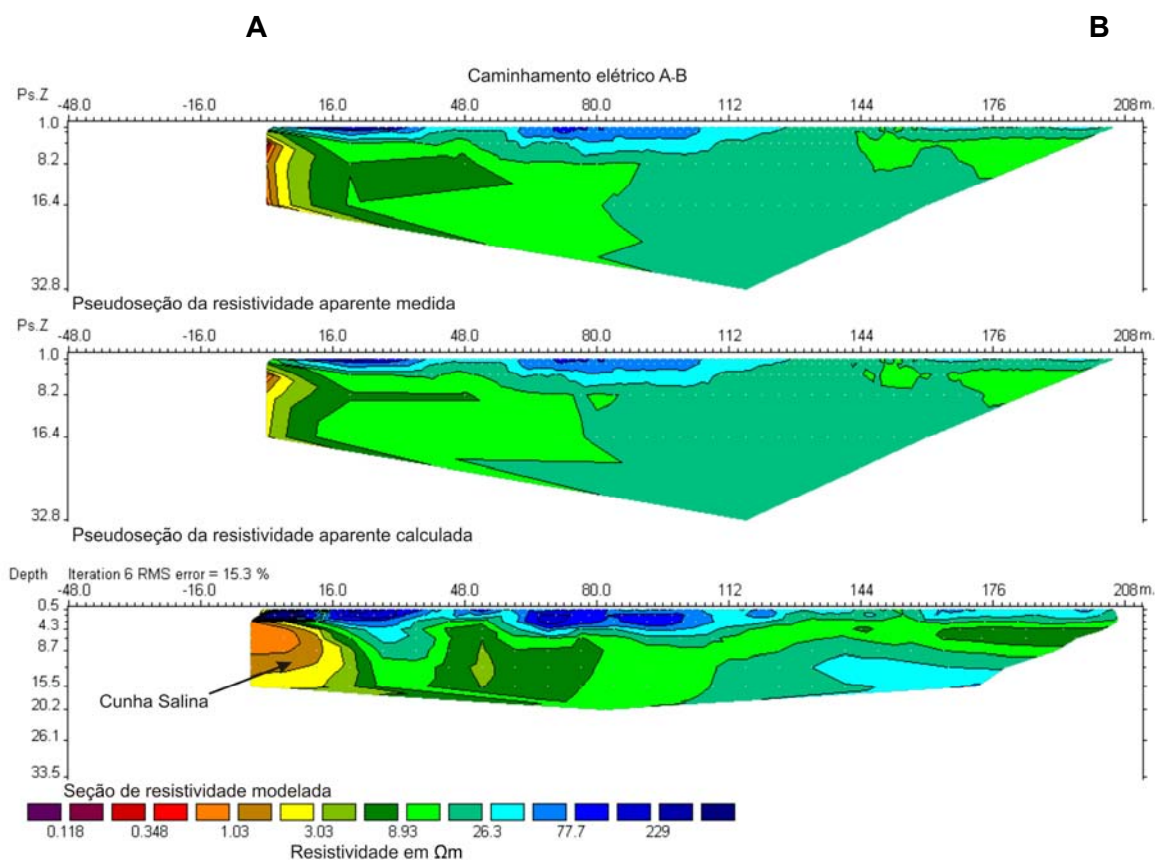


Figura 43. Pseudoseções elétricas e inversão do modelo a partir dos dados de resistividade aparente.

6.2 Condutívimetria

Os métodos eletromagnéticos apresentam variadas técnicas, as quais são utilizadas em muitas aplicações hidrogeológicas. Entre elas, pode ser citada a localização de materiais de textura grossa, o mapeamento da topografia do embasamento e de intrusões salinas, sendo esta última aplicação bastante utilizada com a técnica Eletromagnética no Domínio do Tempo (TDEM).

Nesta pesquisa, foi empregada a técnica indutiva de condutívimetria no domínio da frequência (GCM) por razões de disponibilidade do equipamento. Deidda et al. (2003) usaram esta técnica para a delimitação da cunha salina, a qual segundo estes autores, embora forneça resultados menos quantitativos, exibe a vantagem de ser rápida e de fácil operação.

Os princípios do método eletromagnético e da instrumentação correspondente são bem descritos por McNeill (1980, 1985, 1990) e Spies e Frischknecht (1987). O condutivímetro utilizado (EM34-3) inclui duas bobinas separadas por um cabo, sendo uma delas transmissora, a qual é energizada com corrente variável a uma frequência característica, e a outra é a receptora. Este processo gera um campo magnético primário que produz ondas eletromagnéticas que se propagam em subsuperfície e criam um campo magnético secundário na presença de um condutor. A razão entre ambos os campos magnéticos é proporcional à condutividade do subsolo, permitindo que a condutividade seja medida diretamente pela bobina receptora.

McDonald et al. (2001), atestam que a condutividade elétrica no subsolo é controlada principalmente por três fatores: porosidade; presença e natureza do fluido; e conteúdo de argila.

A profundidade de pesquisa com o EM34-3 depende da frequência do campo energético, da estrutura elétrica do terreno e do espaçamento e configuração das bobinas (Monteiro 2004).

O presente trabalho faz uso de duas configurações de bobinas: o modo dipolo horizontal (HDM) e o modo de dipolo vertical (VDM). No primeiro, as bobinas são dispostas verticalmente sob o mesmo plano e, no segundo as bobinas são colocadas horizontalmente na superfície do solo.

O modo HDM é menos susceptível aos deslocamentos das bobinas, tal situação permite obter dados de condutividade mais próximos à condutividade real. Por outro lado, a profundidade de pesquisa que atinge o HDM é de 0,75 vezes a distância de separação entre as duas bobinas; o VDM atinge o dobro de profundidade de pesquisa, ou seja, 1,5 vezes a distância de separação entre as bobinas. Os cabos que unem as bobinas têm comprimentos fixos de 10, 20 e 40 m e trabalham com frequências de 6.4, 1.6 e 0.4 KHz, respectivamente (McNeill, 1980).

Foram realizados quatro perfis eletromagnéticos na área de estudo, cujas localizações são apresentadas na Figura 44. A Tabela 24 mostra os principais parâmetros da perfilagem eletromagnética utilizada.

Os dados de resistividade (ρ em Ωm) da zona aquífera são comparados com os dados de condutividade elétrica (σ em $\text{mmhos}\cdot\text{m}^{-1}$) obtidos com o EM34-3. Segundo McDonald et al. (2001), a relação entre estes parâmetros é $\rho \times \sigma = 1000$.

Geralmente, os dados de condutivimetria são apresentados de forma qualitativa, uma vez que a inversão deste tipo de dados não é muito utilizada no método eletromagnético no domínio da frequência. Porém, foi possível fazer a inversão de um dos perfis por meio de um programa informático desenvolvido na Universidade de Lisboa (Monteiro 2004). O programa emprega um algoritmo

matemático baseado em funções acumulativas; o resultado é uma inversão 1D que pode ser utilizada inclusive com os dados de apenas dois espaçamentos entre bobinas. O programa está em fase experimental, e seu uso é restrito, tendo sido utilizado neste trabalho para complementar os resultados obtidos no perfil D-D'. As figuras 45 e 46 mostram, respectivamente, os perfis realizados nos setores sul e central e a sua variabilidade com respeito à distância e profundidade, assim com a interpolação dos valores obtidos. Não se deve esquecer que a profundidade de investigação neste método começa, teoricamente, aos 7,5 m de profundidade (na zona saturada), podendo estar superestimada nas figuras mencionadas.

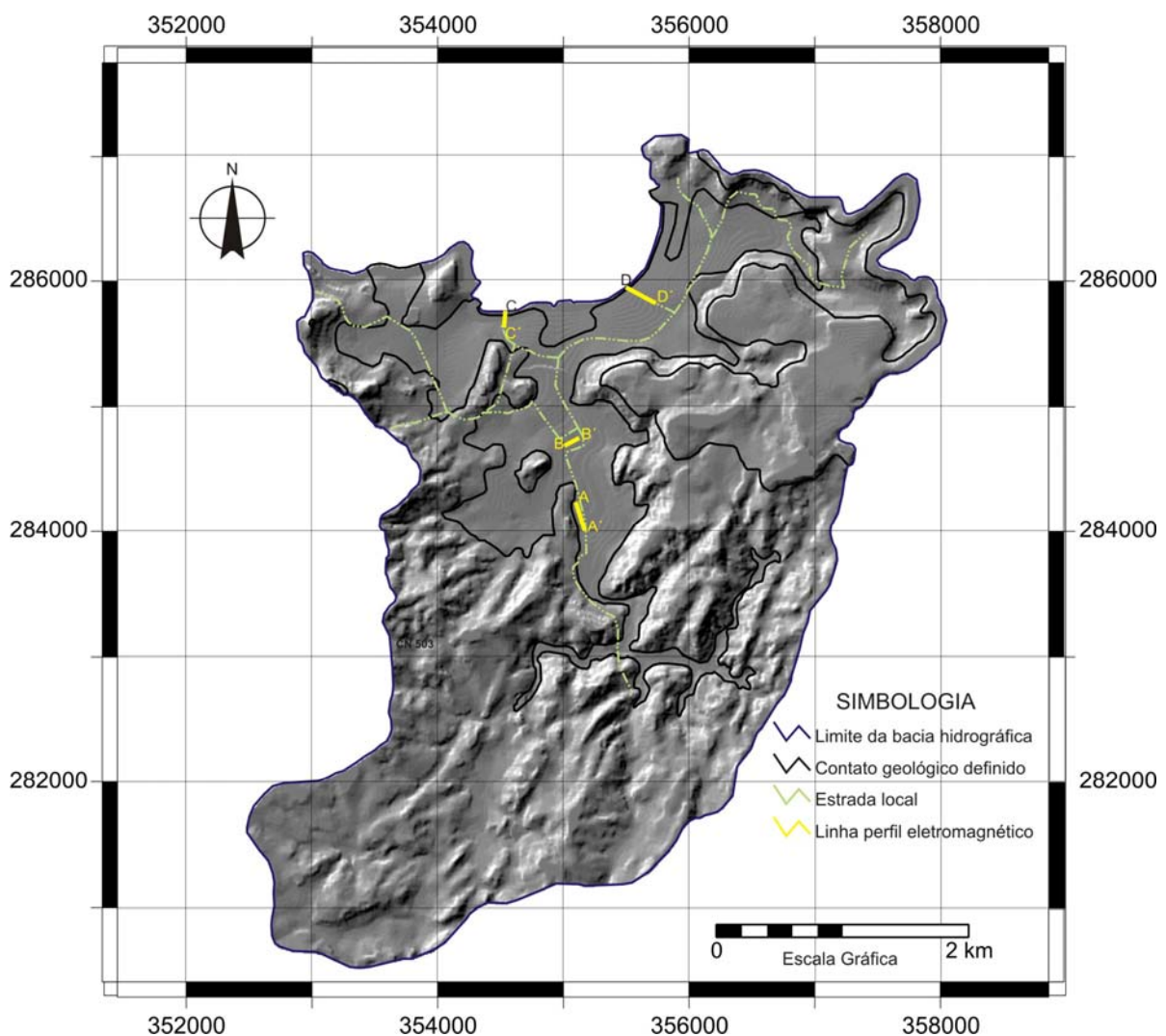


Figura 44. Mapa de localização dos perfis eletromagnéticos.

Tabela 24. Principais parâmetros da perfilagem eletromagnética utilizada.

Perfil	Comprimento (m)	Distancia entre medições (m)	HDM e VDM (10 m)	HDM e VDM (20 m)	HDM e VDM (40 m)
A-A'	230	5	✓	✓	✓
B-B'	75	5	✓	✓	✓
C-C'	50	1	✓	✓	X
D-D'	250	4	✓	✓	✓

✓ sim, X não

O perfil A-A' apresentou uma seção condutiva até uma profundidade de aproximadamente 25 m, sendo que os valores são maiores do que $35 \text{ mmhos} \cdot \text{m}^{-1}$ ($< 28 \Omega \text{m}$). Nesta zona, os depósitos recentes atingem uma profundidade de aproximadamente 25 m, sendo assim, estes valores são aceitáveis para a zona saturada, considerando os valores de " ρ " obtidos por meio das SEVs. A zona aquífera mostra uma variação lateral na textura dos sedimentos, materiais de textura maior estariam indicados por condutividades menores. A condutividade do embasamento apresenta valores menores do que $35 \text{ mmhos} \cdot \text{m}^{-1}$, com mínimo de $6 \text{ mmhos} \cdot \text{m}^{-1}$ ($\rho = 166 \Omega \text{m}$). As variações laterais do embasamento, representam as diferenças na sua textura (zonas de fraturamento) e na sua composição (presença de argilas).

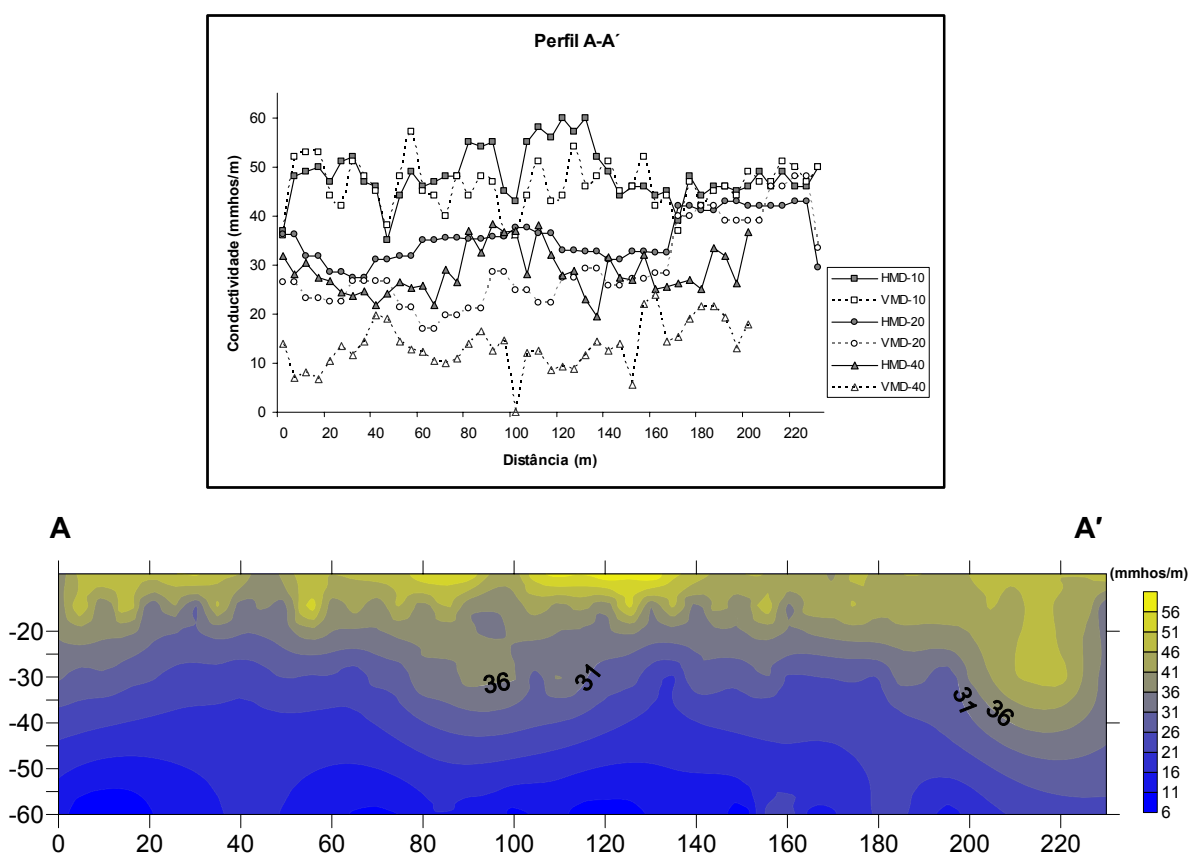


Figura 45. Resultados de condutivimetria do perfil A-A'

O perfil B-B', na Figura 46, mostrou uma seção com condutividades entre 40 a 60 mmhos·m⁻¹ ($\rho < 25 \Omega\text{m}$) nos primeiros 25 m de profundidade, as quais são relativamente maiores em relação ao primeiro perfil. Tal resultado seria esperado segundo os valores obtidos por meio do método de resistividade. A condutividade do embasamento, neste perfil, é particularmente anômala nos primeiros 20 m, talvez mais pela sensibilidade do equipamento do que pelas características do subsolo. Uma vez que o método resistivo não sugere zonas condutivas neste setor (SEV05). A linha foi realizada na praça de esportes da comunidade, sendo que o ponto inicial estava próximo de uma cerca metálica e da fiação elétrica local, o que teria afetado a sensibilidade do equipamento na abertura de 40 m entre as bobinas e em ambas as configurações (VDM e HDM). A alta condutividade do topo do embasamento (~ 28 m de profundidade) está associada a uma espessura maior do solo argiloso gerado pelo intemperismo dos basaltos.

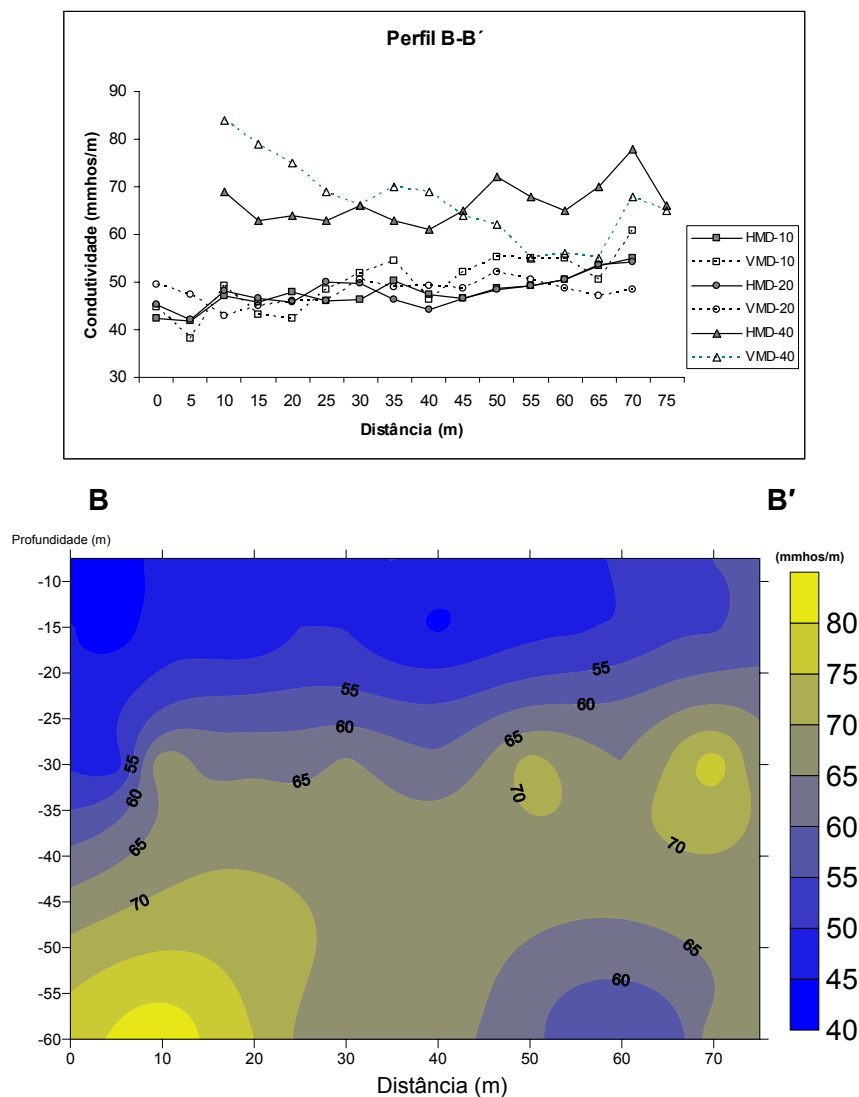


Figura 46. Resultados de condutívimetria do perfil B-B'

As figuras 47 e 48, mostram as curvas de condutividade das linhas eletromagnéticas C-C' e D-D'. Em ambos os perfis registraram-se valores negativos de condutividade elétrica, os quais do ponto de vista geofísico, são impossíveis. Este tipo de anomalia, segundo McNeill (1980) e McDonald *et al.* (2001) reflete a presença de corpos geológicos muito condutores, particularmente estreitos e verticais. Os valores negativos foram gerados pela impossibilidade do equipamento em detectar condutividades superiores aos 1000 mmhos*m⁻¹.

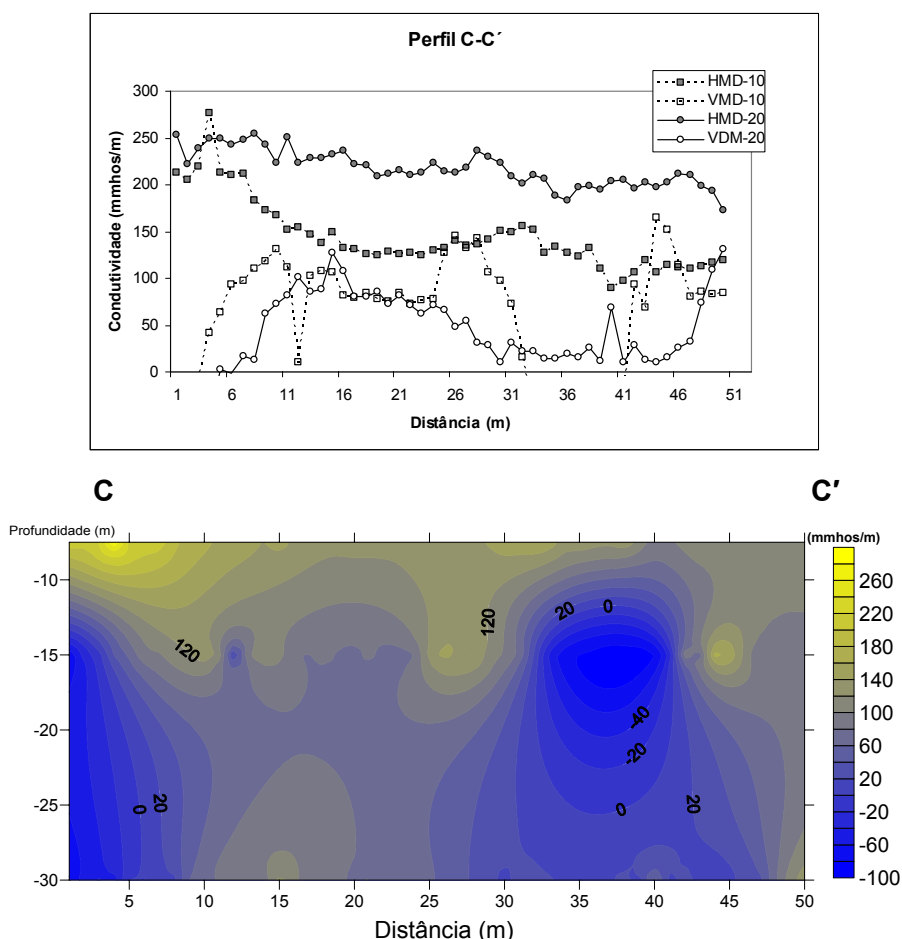


Figura 47. Resultados de condutivimetria do perfil C-C '

O ponto inicial do perfil C-C' foi estabelecido na linha que marca a maré alta. Os valores de condutividade no perfil foram bastante elevados até uma profundidade de 10 m ($> 140 \text{ mmhos} \cdot \text{m}^{-1}$), mostrando um valor máximo de aproximadamente $300 \text{ mmhos} \cdot \text{m}^{-1}$ ($3,3 \Omega \text{m}$). Estes resultados configuram a presença de sedimentos saturados com água com alguma salinidade e confirmam as resistividades estimadas por meio das SEVs. Porém, após dessa profundidade, a condutividade passou a ser elevadíssima, refletida pelos valores negativos ao longo de tudo o perfil, sugerindo a presença da zona de dispersão salina, a qual se estenderia até a base dos sedimentos (15 m de profundidade). Os valores positivos após dos 10 m de profundidade, entre 10

e 30 m ao longo do perfil, teriam sido afetados por objetos resistivos (provavelmente pranchas de concretos soterradas) de origem antrópica, pois no passado este setor era uma zona residencial, e também ao efeito provocado pela anomalia negativa, a qual mostra os valores maiores na suas margens.

O perfil D-D' (Figura 48) foi realizado no mesmo local que o caminhamento elétrico, sendo que o ponto inicial também está localizado a 50 m da linha de maré alta.

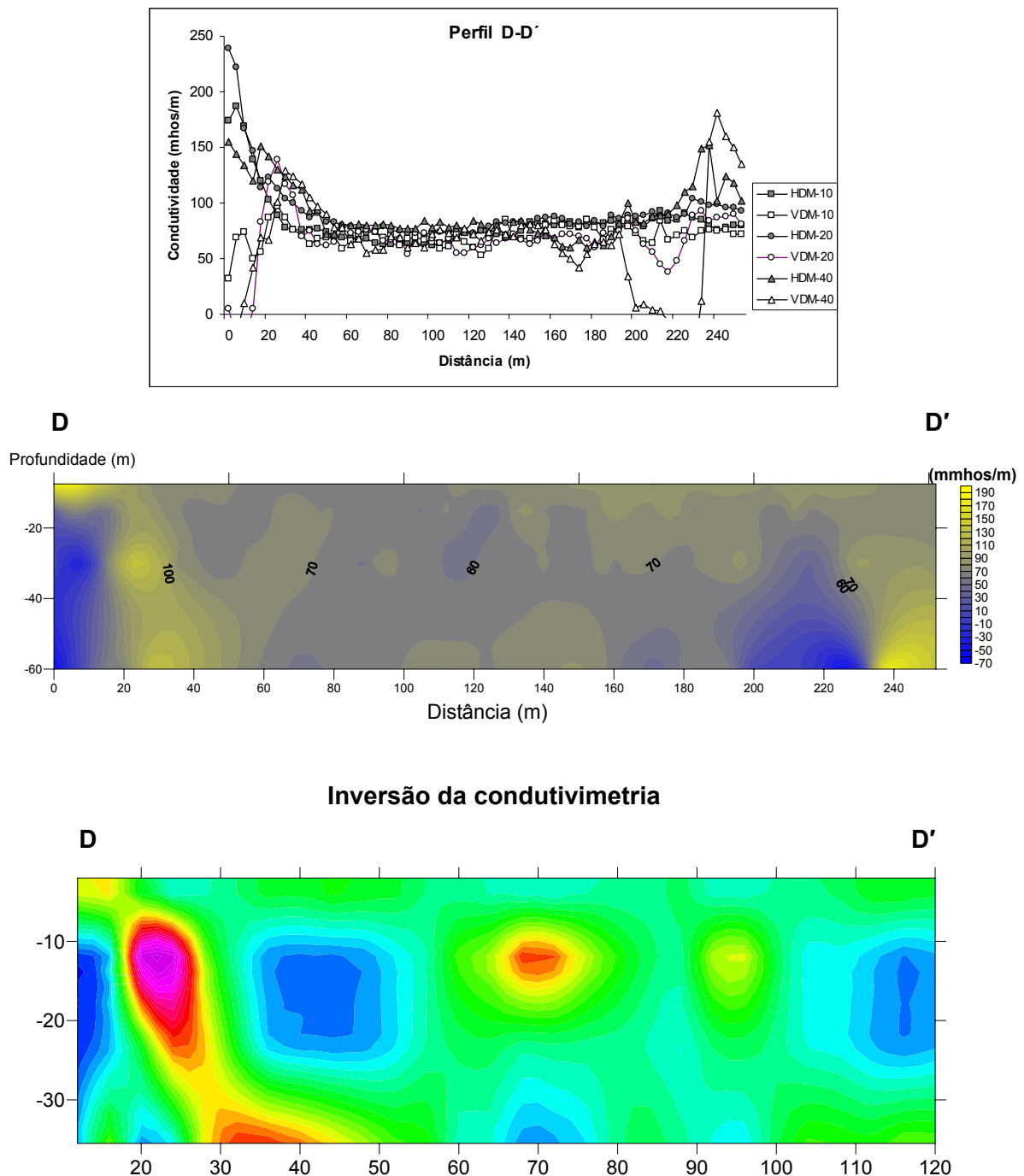


Figura 48. Resultados de condutivimetria e inversão do perfil D-D'.

Os resultados do perfil D-D' indicaram que a condutividade da zona saturada (profundidade entre 7,5 e 15 m) é bastante homogênea ao longo deste (entre 40 e 200 m de distância); porém, existem duas anomalias negativas (entre 0 e 20 m e entre 200 e 240 m de distância), as quais, por sua vez, estão associadas a duas anomalias positivas. A presença destas últimas é uma consequência das primeiras, segundo o mencionado por McNeill (1980) e McDonald *et al.* (2001). A condutividade da zona aquífera foi maior ($\sim 220 \text{ mmhos}\cdot\text{m}^{-1}$) nos primeiros 20 m até uma profundidade de aproximadamente 15 m, sugerindo a presença de sedimentos saturados com água ligeiramente salgada. A condutividade média da zona homogênea variou entre 60 e 80 $\text{mmhos}\cdot\text{m}^{-1}$ (17 a 12,5 Ωm), e é representativa dos sedimentos saturados com água doce. A condutividade do embasamento mostra o mesmo intervalo de valores, indicando que a sensibilidade do equipamento devido às anomalias e a condutividade da zona saturada podem ter influenciado nesses valores.

Para Wilson *et al.* (2006), a condutividade da água do mar é de aproximadamente 30 $\text{mhos}\cdot\text{m}^{-1}$ (0,3 Ωm), sendo que um corpo de sedimentos sem presença de argila, saturado de água salgada, teria uma resistividade entre 5 e 10 Ωm (σ entre 250 e 100 $\text{mmhos}\cdot\text{m}^{-1}$). Considerando esses valores, a zona de dispersão salina está representada no perfil D-D' nos primeiros 70 m de distância, desde a linha que marca a maré alta, e a uma profundidade maior do que 7 m.

A inversão realizada nos dados de condutivimetria do perfil D-D' foi aplicada apenas para duas aberturas entre bobinas (10 e 20 m) e até uma distância de 120 m. A inversão mostra o detalhe da zona aquífera. A zona de cor azul do lado esquerdo, representa a primeira anomalia negativa associada à cunha salina. O setor após os 35 m, mostrou as variações texturais dos sedimentos, sendo os materiais de textura maior aqueles com condutividades relativas menores (cores azuis). Este tipo de inversão provoca uma contração na distância relativa do perfil.

A segunda anomalia negativa, localizada aproximadamente a 200 m de distância, está associada a elementos elétricos antrópicos, tais como a fiação elétrica situada no final da linha e também a uma possível caixa de alta tensão enterrada no subsolo.

É importante destacar que as anomalias negativas apresentaram-se apenas na configuração no modo VDM, o qual demonstrou uma sensibilidade maior à condutividade das bobinas dispostas horizontalmente.

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A zona aquífera de Playa Panamá está restrita aos materiais da unidade geológica de Depósitos Recentes, mostrando que as suas características físicas proporcionam boas condições para o armazenamento da água. As outras unidades geológicas, compostas por basaltos e ignimbritos, também sugerem a existência de zonas com menor potencial aquífero, cuja hidrodinâmica é típica de meios fraturados. O mapa geológico (Figura 3) mostrou uma série de alinhamentos fotogeológicos com direção noreste-sudoeste, sendo que um deles foi comprovado como uma falha dextral. Para Denyer e Arias (1993), os alinhamentos refletem um basculamento dos basaltos, como produto do tectonismo regional controlado pela zona de subdução. Por tanto, os aquíferos secundários poderiam apresentar melhor potencial hidrogeológico sobre estas feições estruturais.

O resultado de capacidade de infiltração dos materiais das unidades hidrogeológicas, indicou que a hidrodinâmica no topo da zona não saturada dos aquíferos secundários é diferente à da zona aquífera. O valor médio de C_i para os basaltos e os ignimbritos foi o duplo do valor de C_i da zona aquífera, sendo que implica uma maior infiltração e menor escoamento superficial nos aquíferos secundários, principalmente nos ignimbritos. O zoneamento da C_i nos depósitos recentes evidenciou as diferenças intrínsecas destes, produto das suas variações texturais no topo dos conglomerados.

Para complementar o resultado de C_i , foi elaborado o mapa de resistividade aparente do subsolo (Figura 49) para AB/2 igual a 2 m, sob o princípio de que a resistividade aparente é maior em materiais que contém mais areia, e menor naqueles materiais com mais argila e presença de água salgada nos poros. O mapa não incluiu os resultados das SEVs 01 e 10, pois suas resistividades aparentes foram bastante elevadas na abertura analisada, devido à influência dos materiais grosseiros do rio Panamá e das dunas do setor nordeste. Estas dunas possuem sedimentos de composição granítica devido ao corpo intrusivo nesse setor; o que supõe um aumento da resistividade dos materiais. O mapa da Figura 49 mostrou que a resistividade do topo dos sedimentos teve um zoneamento relativamente análogo aos quatro setores estabelecidos pela C_i na zona aquífera. Os setores com menor capacidade de infiltração, estão relativamente associados a valores menores de resistividade aparente, sendo que na seção norte do setor central estão influenciados pela presença do manguezal. A relação entre a resistividade elétrica e a C_i é mais clara nos setores sul e nordeste; a distribuição relativa de argilas diminuiria nesses setores.

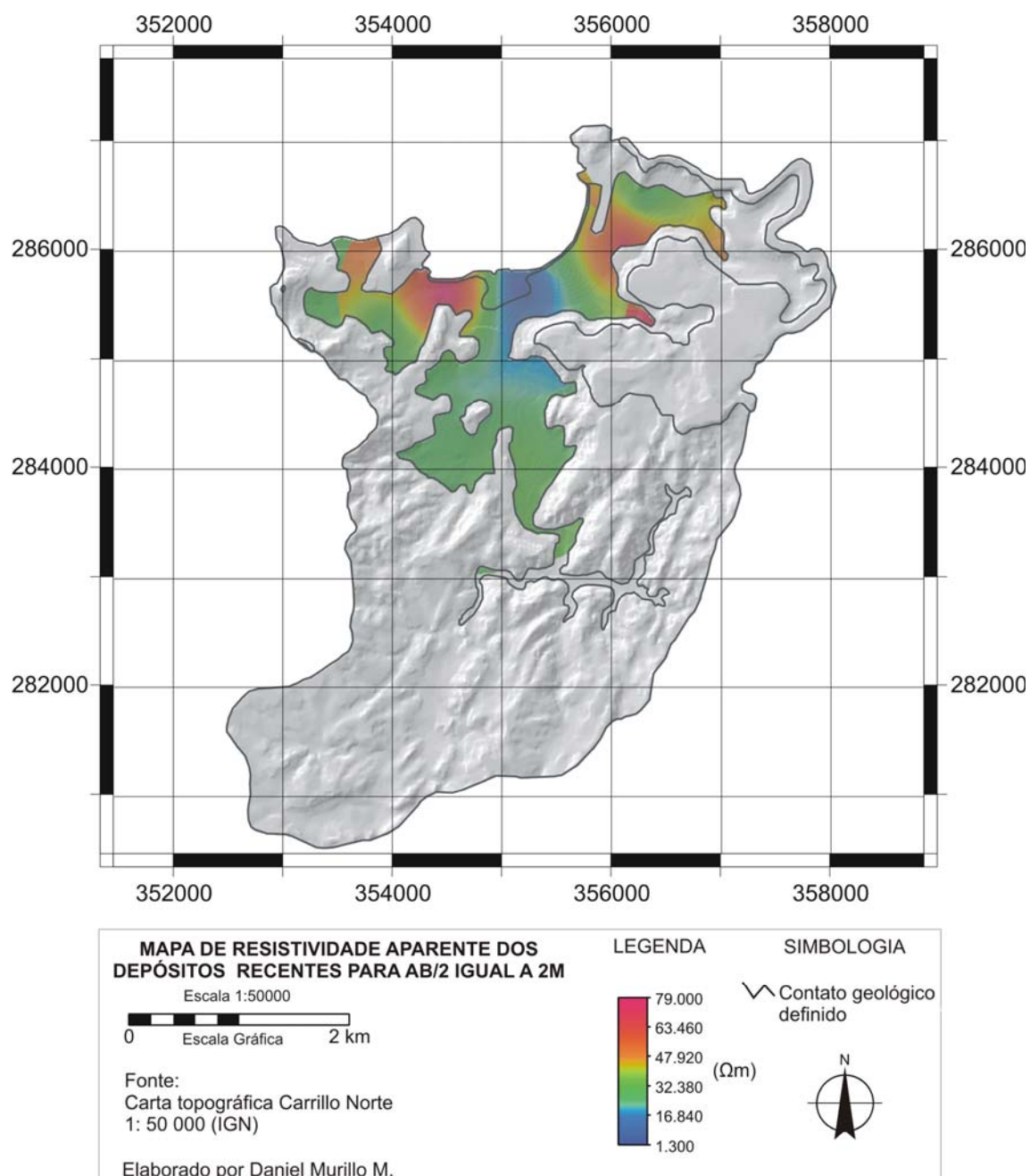


Figura 49. Mapa de resistividade aparente dos sedimentos para AB/2 igual a 2m.

Os valores meios dos principais parâmetros medidos na ZNS, tais como densidade, porosidade, capacidade de infiltração, recarga potencial e resistividade aparente para AB/2 igual a 2m são apresentados na Tabela 25. Porém, a relação entre eles não é tão evidente como os resultados mostrados na Figura 49. Estes dados verificaram a presença do material argiloso na parte superior dos sedimentos aluvionais, mostrando uma resistividade média baixa. A C_i e a R_p estariam contralados pela estrutura interna do solo, além dos outros parâmetros avaliados no método de Schosinsky.

Tabela 25. Valores médios dos principais parâmetros analisados na ZNS.

Unidade	ρ	η	Ci	Rp	$\rho_{\text{aparente. AB/2 = 2m}}$
CN	1,40	47,5	0,226	336,5	-
FB	-	-	0,220	329,1	191,5
DR-Sc	1,35	49,3	0,023	275,0	34,4
DR-Snd	1,22	54,3	0,176	296,0	32,5
DR-Ss	-	-	0,230	355,4	33,4
DR-Sno	-	-	0,281	355,4	29,6

Com base na distribuição dos valores de Ci, foram definidos quatro setores na zona aquífera, os quais condicionaram a aplicação do método de Schosinky para o cálculo da recarga potencial nesta unidade geológica. Utilizou-se o zoneamento da Ci porque a interpolação foi feita com um número maior de dados, e a distribuição deles abrangeu grande parte da zona aquífera, refletindo bem suas propriedades texturais.

O cálculo da recarga potencial para cada unidade geológica partiu do princípio de escoamento nulo, segundo o método utilizado. Os resultados de Rp podem ser melhor detalhados por meio da aquisição de novos dados climáticos locais, da determinação direta dos valores de CC e um PM a partir de coleta de amostras de solo, da identificação de espécies vegetais específicas.

A recarga potencial calculada no aquífero poroso foi menor do que a recarga potencial total nos aquíferos secundários. A descarga destes últimos dar-se-ia através da discordância regional e das fraturas não preenchidas, as quais abasteceriam de água os principais rios da bacia hidrográfica. A recarga indireta estaria comprovada pois a descarga atual dos principais poços de Playa Panamá foi maior do que a recarga potencial na zona aquífera. A recarga indireta ajudaria a manter a disponibilidade hídrica da zona durante a estação seca. Para conferir com mais detalhe esta situação é importante determinar os dados de vazões fluviais em diferentes pontos ao longo da rede hídrica. Isto permitiria estimar com mais precisão a água infiltrada nos aquíferos secundários que migraria desde a vazão fluvial, para a zona aquífera. A tabela 26, apresenta o balanço hídrico final da bacia hidrográfica.

A diferença percentual entre a recarga e a descarga total é representativa para a área, embora seja muito baixa. Esta percentagem sugeriu que o escoamento superficial seria menor devido ao fato dos dados sobre a descarga dos poços serem incompletos. De acordo com os resultados obtidos, o potencial mínimo total da zona aquífera equivale a uma vazão de 154,2 L/s (555 m³/h), sendo que os aquíferos secundários contribuiriam com 76 % desse valor (recarga indireta).

Tabela 26. Balanço hídrico final da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

Recarga máxima (L/s)		Descarga mínima (L/s)	
Zona aquífera	36,9	Poços	39,3
Aquíferos secundários	169,1	Subterrânea ao Mar	114,9
		Escoamento superficial Estimado	50,7
Total	206	Total	204,9
Diferença percentual de 0,5 %			

O volume de água potencialmente armazenada na zona aquífera, calculada pelo método de TiL e pela fórmula que incluiu o coeficiente de armazenamento, foi maior do que a recarga potencial direta nos depósitos recentes. Isto sustentou a hipótese da recarga indireta. Porém, ambos os cálculos assumiram valores médios de transmissividade e de coeficiente de armazenamento, parâmetros esses que foram determinados, especificamente, em poços localizados no setor central da área estudada. A variação desses parâmetros hidrodinâmicos depende das características físicas dos materiais que compõem, principalmente da zona saturada. Para compreender preliminarmente como podem variar tais características na ZS, foi elaborado o mapa de resistividade aparente para AB/2 como sendo igual a 15 m (Figura 50), e que incluiu a interpolação dos dados de todas as SEVs. Considerou-se, desta forma, o princípio de proporcionalidade entre a textura dos materiais e a sua resistividade aparente.

Com base no resultado mostrado da Figura 50, as propriedades geofísicas dos materiais da zona saturada refletiram a anisotropia das suas propriedades hidrodinâmicas. Os valores baixos de resistividade nas SEVs, realizadas próximo à costa, estão associados à presença da zona de dispersão salina, sendo que a interpolação dos dados dessas SEVs influenciaram na caracterização resistiva da parte norte (costeira) da zona saturada do aquífero principal. De forma geral, as propriedades texturais dos materiais do aquífero, podem ser consideradas homogêneas, mas com feições hidrodinâmicas anisotrópicas.

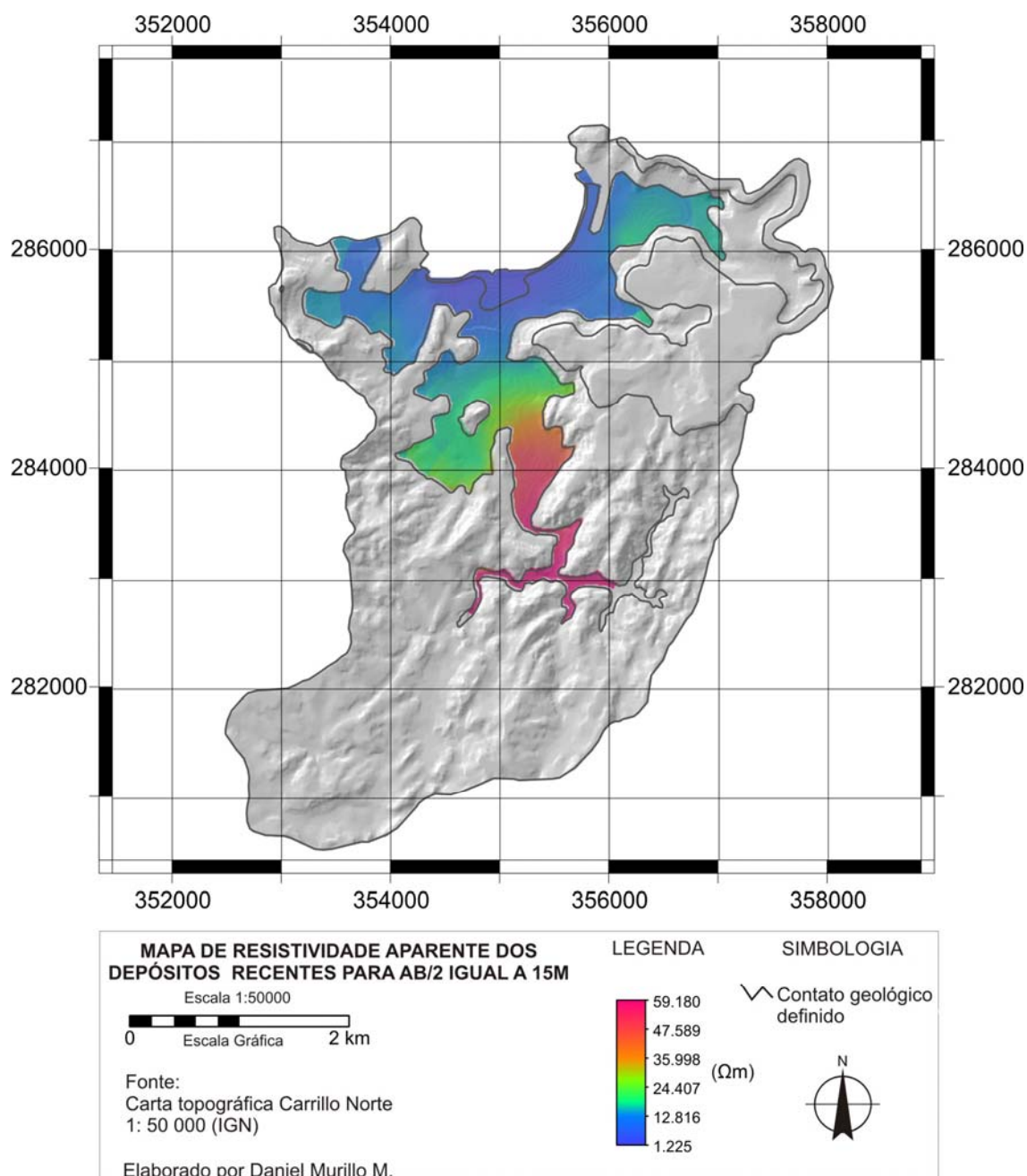


Figura 50. Mapa de resistividade aparente dos sedimentos para AB/2 Igual a 15M.

O modelo conceitual da zona aquífera ficou definido pelo contato dos sedimentos com o embasamento regional, sendo que o mesmo controla a sua geometria e a maior parte do mecanismo de recarga indireta. O limite norte do reservatório hídrico está representado pela zona de dispersão salina. As descrições litológicas indicaram a variabilidade na espessura dos depósitos recentes, sendo que esta informação foi complementada com os resultados das SEVs. Na figura 51 é apresentado o mapa de isopácas da zona aquífera, obtida a partir dos dados litológicos e das SEVs.

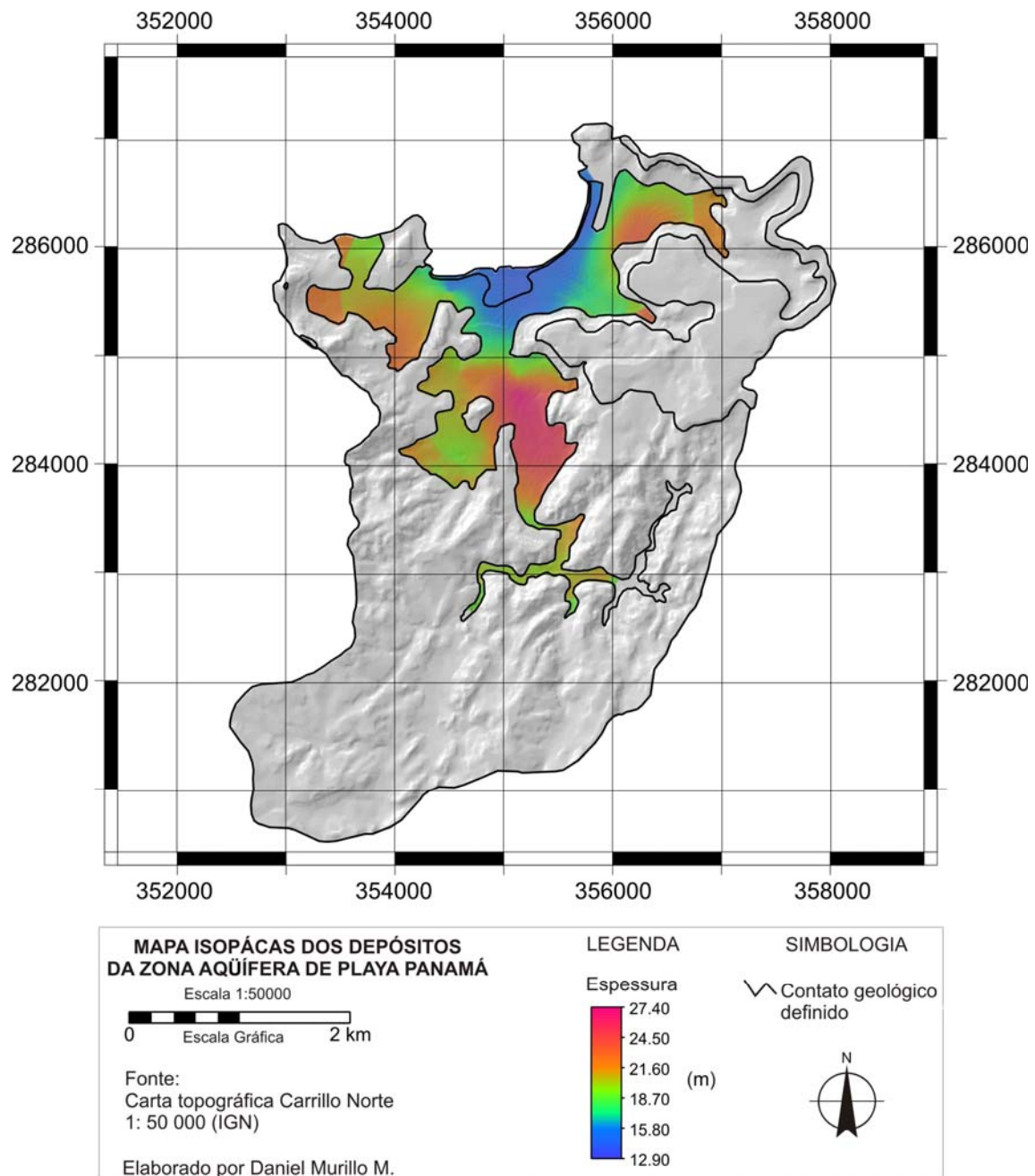


Figura 51. Mapa de isopacas dos depósitos da zona aquífera da bacia hidrográfica de Playa Panamá.

A espessura da zona aquífera é menor na faixa costeira do que nas áreas do interior do continente. Esta feição geométrica do reservatório hídrico poroso é muito importante para o controle da hidrodinâmica subterrânea e da intensidade da intrusão salina. A existência de uma única zona de dispersão salina sustenta-se no fato da homogeneidade do aquífero. Para Custodio (1987), a existência de uma zona de dispersão existirá quando ela represente pouca porcentagem da espessura saturada. O rio Panamá abrange a parte central dos depósitos recentes e interage com o mar

sob a forma dum pequeno manguezal, cuja profundidade é menor do que a espessura total do aquífero. Esta situação segundo Custódio (*op. cit*) faz com que exista um fluxo de água a partir do fundo dos sedimentos, o que impede total ou parcialmente a intrusão marinha por um incremento do nível de água subterrânea em relação ao nível do mar. O mesmo autor atesta que a penetração da zona de dispersão salina incrementa-se com o aumento da espessura do aquífero, da permeabilidade e da diminuição da descarga subterrânea. Para a zona aquífera de Playa Panamá, estimou-se uma descarga subterrânea considerável em relação a sua recarga potencial, devido principalmente à alta transmissividade dos sedimentos. Sendo assim, as características geométricas e hidrodinâmicas do aquífero poroso sugerem uma condição pouco favorável para um processo de intrusão salina significativo. Porém, Prieto (2005) atesta que aquíferos costeiros rasos têm uma dinâmica da intrusão salina mais afetada pelos efeitos espaciais e temporais aleatórios, os quais são inerentes às características anisotrópicas dos sedimentos, ou seja, seriam mais vulneráveis na presença de processos de descarga acelerada (antrópica).

Os resultados das análises físico-químicas e os índices hidrogeoquímicos não evidenciaram um processo de intrusão salina significativo na zona aquífera. O conteúdo de cloretos e os valores de condutâncias específicas dos poços em Playa Panamá foram pouco significativos. Os dados sugeriram uma percentagem respectiva menor que 1% da composição e cerca do 16 % da condutividade elétrica da água do mar. Existem condições locais que controlariam as características dos diferentes compostos químicos e parâmetros físicos da água do reservatório. Esses fatores estão relacionados às condições geoambientais da bacia, principalmente aos tipos de rocha presentes e das características físicas e biológicas dos solos. A composição química das águas sugeriu um processo de recarga imediato, com um tempo de trânsito relativamente curto ao longo da zona aquífera e os aquíferos secundários que estariam suprimindo o aquífero poroso. As características químicas da zona aquífera também sugeriram certa diferenciação do setor nordeste em relação ao restante da área, razão de ser produto da maior influência que exercem os materiais próximos erodidos dos ignimbritos e do intrusivo. Para complementar e detalhar esta informação geohidroquímica, devem ser efetuadas coletas de amostras periódicas e freqüentes; o que permitirá detectar alguma variação no processo de intrusão salina.

Segundo a equação de Simandoux (Ward, 1990), a resistividade do fluido nos poros e no corpo do aquífero dependerá da fração argilosa que este possa conter. Os resultados dos ensaios geoeletricos não permitiram estimar um valor característico para cada tipo de material. Porém, os valores relativos permitiram separar tais materiais.

Em geral, as sondagens elétricas ofereceram melhores resultados na determinação das espessuras das camadas estudadas, e visam um melhor entendimento da estratigrafia do subsolo. A condutivimetria evidenciou as poucas variações laterais dos sedimentos do aquífero. Os resultados desse método foram qualitativos, porém, a aplicação da inversão matemática ofereceu outra opção para analisar quantitativamente as feições condutivas de elementos geológicos. Em ambos os casos, o uso de informação geológica ajudou a resolver os problemas de equivalência ou ambigüidade inerentes a cada método, a exemplo, das diferentes inversões que podem ser obtidas a partir de um conjunto de dados de resistividade.

Os resultados geofísicos em Playa Panamá delinearão a presença da zona de dispersão salina a partir de uma profundidade relativamente rasa, com extensão pouco significativa, desde a linha de maré alta para o interior do continente. O emprego das SEVs e a condutivimetria permitiram a identificação da cunha salina. A sensibilidade dos métodos à cunha salina ficou evidente, particularmente no caso dos modos VDM-10 e o VDM-20, os quais indicaram valores superiores aos limites de detecção do instrumento utilizado. O valor da condutividade elétrica da zona aquífera em presença da interface salina excederia os 1000 mmhosm^{-1} ; enquanto o valor mínimo a ela associado, seria de 100 mmhosm^{-1} .

A determinação do potencial hídrico e a definição da geometria do aquífero poroso, assim como a identificação da intrusão salina na bacia hidrográfica de Playa Panamá são três ferramentas ambientais importantes. O uso sustentável do reservatório hídrico pode ser planejado com ajuda desta informação e complementado com estudos hidrogequímicos e hidrodinâmicos em nível de grande escala.

8. CONCLUSÕES

Os elementos geoambientais como o marco tectônico regional; os tipos de rocha e sua disposição relativa; a topografia; a geração de diferentes horizontes de solo; a abundante vegetação e o clima tropical seco presentes na bacia hidrográfica de Playa Panamá condicionaram fortemente as características hidrogeológicas apresentadas pela zona aquífera formada nos depósitos recentes.

O reservatório hídrico de Playa Panamá é do tipo livre e poroso, de composição e textura homogêneas (seixos e areias) e com presença de material argiloso, principalmente no seu topo, o qual é de espessura e extensão variável. A distribuição relativa deste material condiciona a sua capacidade de infiltração, produzindo uma repartição diferenciada dos valores de C_i . Estes valores são menores no setor central da zona aquífera.

Existiriam aquíferos secundários formados nos basaltos do Complexo de Nicoya e nos ignimbritos da Formação Bagaces, mas com potencial menor do que o aquífero poroso estudado.

A recarga potencial média da bacia hidrográfica é de 324,6 mm/ano. A recarga potencial do aquífero poroso é principalmente indireta, e ocorre preferencialmente durante os meses de setembro e outubro. As zonas de recarga seriam principalmente as áreas onde afloram as unidades geológicas que abrangem aos aquíferos secundários.

O potencial máximo disponível da zona aquífera de Playa Panamá é menor do que $3,6 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$, ou seja uma vazão equivalente de 115 L/s. A descarga atual de água por poços, seria menor do que seu potencial hídrico máximo.

A espessura da zona aquífera decresce de forma geral para o limite do continente, sendo que é maior nos seus setores central e sul.

A transmissividade, a descarga total dos poços e a geometria do aquífero estariam impedindo uma contaminação por intrusão salina.

As características físico-químicas da água evidenciam a influência da composição das unidades geológicas próximas à zona aquífera, principalmente dos basaltos, e não atestam a presença de um processo de intrusão salina significativo.

A zona de dispersão salina nos sedimentos recentes penetra no máximo, 70 m para o interior do continente a partir da linha de maré alta.

Os métodos geofísicos aplicados contribuíram significativamente à modelagem conceitual da zona aquífera e para a identificação da presença e magnitude da cunha salina.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA.-American Public Health Association.-1995. Standard methods for the examination of waste waters. New York.

ARELLANO, F.; VARGAS, A., 2001. Casos de Contaminación por intrusión salina en acuíferos costeros de la Península de Nicoya (Costa Rica). *Revista Geológica de América Central* (25):77-84.

BRENES, C.; LIZANO, O. 1994. Estudio sobre as características del oleaje en Bahía Culebra. 45 p.

BRENES, C.; KWIECINSKI, L. D'CROZ; CHAVÉZ. J. 1995. Características oceanográficas de la Plataforma Pacífica de América Central y aguas oceanográficas adyacentes. *PRADESPESCA*, Panamá. 75 p.

BITTENCORT, A.V.L. 1993. Transporte de sólidos na bacia hidrográfica do rio Piriquí, PR. In: Simpósio Brasileiro de Geologia: Curitiba. Resumo das comunicações. Curitiba, Editora da UFPR-SBG, V.1: p. 30.

CCT.- Centro Científico Tropical.- 2002. *Mapa Ecológico de Costa Rica*. Escala 1: 200 000 San José. (Meio digital).

COOPER, H.H. JR; JACOB, C.E. 1946. A generalized graphical method for evaluation formation constants and summaring well-field history.- *Transactions, American Geophysical Union*, 27: 526-534.

CUSTODIO, E. Salt-fresh water interrelationships under natural conditions. In: CUSTÓDIO, E.; BRUGGEMAN G.A. *Groundwater problems in coastal areas. Studies and reports in hydrogeology*. Belgica, UNESCO, 1987.

CUSTÓDIO, E.; LLAMAS, M.R. 2001. Hidrología subterránea. 2 ed. Barcelona, OMEGA. 1200 p.

DEIDDA, J.P., RANIERI, G., CASAS POSANTI, A., NUVOLI, M., ERRIU, S. e TAPIAS PANTEBRE, J.C., 2003. Delimitación de la intrusión salina en el acuífero aluvial de la Marina de Cardedu (Cerdeña centro oriental) a partir de medidas electromagnéticas en el dominio de frecuencias. In: IGME. *Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos*. v. 1, n. 8., Madrid.

DENYER, P.; ARIAS, O., 1993. Geología del Norte de la Península de Nicoya. *Revista Geológica de América Central*. 16: 69-84.

DENYER, P.; MONTERO W.; ALVARADO G. 2001. Atlas tectónico de Costa Rica, Editorial da Universidad de Costa Rica 1. ed., San José, Costa Rica. 79 p.

DENGO, G. 1962a. Tectonic-igneous sequence in Costa Rica. *Petrologic studies, a volume to honor A.F. Buddington, Geological. Society of America*: 133-161.

DENGO, G. 1962b. *Estudio geológico de la región de Guanacaste, Costa Rica*. Instituto Geográfico Nacional, San José. 112 p.

FERNÁNDEZ, W.; RAMÍREZ, P. 1991. El Niño, la oscilación del sur y sus efectos en Costa Rica, una revisión. *Tecnología en Marcha* 11:3-10.

GÓMEZ, L.D. 1986. Vegetación de Costa Rica, apuntes para una biogeografía costarricense. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. 118 p.

GÓMEZ, A. 1996. Condiciones hidrogeológicas en Costa Rica. In: REYNOLDS, J. *Utilización y manejo sostenible de los recursos hídricos. Universidad Nacional de Costa Rica*, p.117-125. UNA-Heredia, CR.

GÓMEZ, M. 2005. Estudio hidrogeológico Integral de las cuencas hidrográficas de los poblados el Coco y Ocotal, Carrillo, Guanacaste. 168 p. Disertação de Mestrado, ECGCR, UCR, San José, Costa Rica.

GILLOT P.Y., CHIESA, S., ALVARADO, G., 1994. Cronostratigraphy of upper Miocene-Quaternary vulcanism in northern Costa Rica (17):45-53.

HERRERA, W. 1985. *Clima de Costa Rica*. Universidad Estatal a Distancia, San José, v.2. 118 p.

HEM, J.D. 1985. Study and interpretation of the characteristics of natural waters. Geological Survey Water-Supply Paper. Washington D.C.

HINDI, E. 1999. Caracterização hidroquímica e hidrogeológica das fontes cársticas das bacias dos rios Tumiri, Água Comprida, Fervida e das Onças, Colombo, PR. 127 p. Disertação de Mestrado. Depto. De Geologia, UFPR, Curitiba, PR.

HOLDRIGE, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto de Cooperación para la Agricultura, San José Costa Rica. 68 p.

IGN.-Instituto Geográfico Nacional.-1988. Carta Topográfica Carrillo Norte 3047-I. Escala 1:50 000. San José, Costa Rica.

INEC.- Instituto Nacional de Estadística y Censos.- 2003. Censo ano 2000, dados de população total na Vilha de Playa Panamá. San José, Costa Rica.

I.M.N.- Instituto Meteorológico Nacional.-2003. *Dados meteorológicos da estação Liberia*.

I.M.N.- Instituto Meteorológico Nacional.-1988. *Catastro de las series de precipitaciones medidas en Costa Rica*. Ministério de Recursos Naturales, Energia y Minas. 361 p.

ISRAELSEN, O.; HANSEN, V.E., 1962. *Irrigation principles and practices* . 3.ed. New York. 447 p.

JIMENEZ, C. 1998. *Arrecifes y comunidades coralinas de Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (Golfo de Papagayo)*. Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica, Tese de Mestrado, 218 p.

KUSSMAUL, S. 2000: Estratigrafía ígnea IN: DENYER, P.; KUSSMAUL, S. Geología de Costa Rica. Editorial tecnológica de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 515p.

LA NACIÓN, 2006a. Se ausentan las lluvias en Guanacaste, Nación.com. Disponível em: http://nacion.com/ln_ee/2006/octubre/07/pais852612.html

LA NACIÓN, 2006b. Setiembre, el más seco en Guanacaste desde 1976, Nación.com. Disponível em: http://nacion.com/ln_ee/2006/noviembre/07/pais886986.html.

LOSILLA, M. 1993. Evidencia de amenaza a las aguas subterráneas de Costa Rica, 23 p. In: Taller de aguas subterráneas, Colegio Federado de Ingenieros, San José.

LLOYD, J.W.; HEATHCOTE, J.A. 1985. Natural Inorganic hydrochemistry in relations to groundwater. Clarendon Press. Oxford

MacDONALD, A.M.M, DAVIES, J., PEART, R.J., 2001. Geophysical methods for locating groundwater in low permeability sedimentary rocks: examples from southeast Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*. V. 32, n.1, p. 115-131.

McNEILL, J.D., 1980. Electromagnetic Terrain conductivity measurement at low induction numbers. Geonics, Technical Note TN-6.

McNEILL, J.D., 1985. EM34-3 measurements at two inter-coil spacings to reduce sensitivity to near-surface material. Geonics, Technical Note TN-19.

McNEILL, J.D., 1990. Use of electromagnetic methods from groundwater studies. In: WARD, S.H. (Ed.) *Geotechnical and Environmental Geophysics*. v. 1, Investigations in Geophysics no 5, SEG, p. 191-218.

MAG.- Ministerio de Agricultura y Ganadería 1996. Mapa de grupos y subgrupos de suelos de Costa Rica. Escala 1:200 000. (Meio digital).

MONTEIRO SANTOS, F.A., 2004. 1-D laterally constrained inversion of EM34 profiling data. *Journal of Applied Geophysics*. N.56, p.123-134.

OPSA- Oficina de Planificación Agrária.- 1978. Mapa de Sub-Grupos de suelos de Costa Rica. Carta topográfica Liberia. Escala 1 50 000. IGN, San José, Costa Rica.

ONU.-Organização das Nações Unidas.-1975. Investigaciones de aguas subterráneas en zonas seleccionadas (Informe técnico). 64 p. New York.

PARKHURST, D.L. 1999. User's guide to PHREEQC (Version2): A computer program for speciation, batch-reaction, one dimensional transport, and inverse geochemical calculations. USGS. Lakewood.

PHILANDER, S. 1990. *El Niño, La Niña and the Southern Oscillation*. California Academic Press, California. 293 p.

PRIETO, C. 2005. Groundwater-Seawater interactions: seawater intrusion, submarine groundwater discharge and temporal variability and random effects. Dissertação de Doutorado, TRITA-LWR. (Meio digital).

QUIRÓS, G. *El Niño Oscilación del Sur: ENOS*. Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica. 54 p.

SENARA.-Servicio Nacional de Aguas, Riego y Avenamiento.-2005. Inventario de poços, folha Carrillo Norte, San José.

SINTON, C.W.; DUNCAN, R.A.; DENYER, P. 1997. Nicoya Peninsula, Costa Rica: A single suite of Caribbean oceanic plateau magmas. *Journal of geophysical research*. v.102. B7: 15507-15520.

SCHOSINKY, G.; LOSILLA, M., 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central* (23):43-55.

SOIL SURVEY STAFF, 1975. Soil taxonomy. A Basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA-SCS. Agric handbook, 754 p.

SPIES, M., FRISCHKNECHT, F.C., 1987. Electromagnetic sounding. In: NABIGHMAN, M.N. (Ed). *Electromagnetic Methods in Applied Geophysics*. v. 2, Investigations in Geophysics no 3, SEG. 285-425.

VALVERDE, J.C. 1998. *Riego y drenaje*. Universidad Estatal a Distancia, San José, 248 p.

WARD, S.H., 1990. Resistivity and induced polarization methods. In: Ward, S.H. (Ed). *Geotechnical and Environmental Geophysics*. v. 1, Investigations in Geophysics no 5, SEG, 147-190.

WHO.-World Health Organization.- 1997. Guidelines for drinking water quality. 2 ed. Gêneve, Italia.

WILSON, S.R., INGHAM, M. E McCONCHIE, J.A., 2006. The applicability of earth resistivity methods for saline interface definitions. *Journal of Hidrology*. N. 316, p. 301-312.

APÊNDICE I

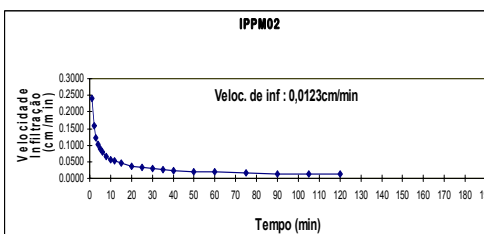
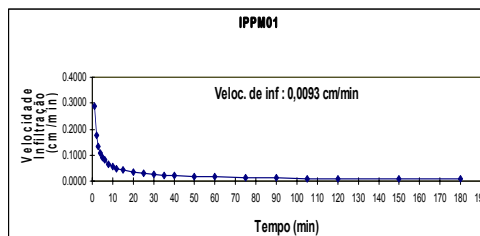
ENSAIOS DE INFILTRAÇÃO

IPPM 1

N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	0.9	1.00	0.2888
2	2.00	1.3	2.00	0.1757
3	3.00	1.4	3.00	0.1314
4	4.00	1.6	4.00	0.1069
5	5.00	1.7	5.00	0.0911
6	6.00	1.7	6.00	0.0800
7	8.00	1.9	8.00	0.0651
8	10.00	2	10.00	0.0555
9	12.00	2.1	12.00	0.0487
10	15.00	2.1	15.00	0.0415
11	20.00	2.4	20.00	0.0337
12	25.00	2.5	25.00	0.0288
13	30.00	2.6	30.00	0.0252
14	35.00	2.7	35.00	0.0226
15	40.00	2.9	40.00	0.0205
16	50.00	3.1	50.00	0.0175
17	60.00	3.2	60.00	0.0154
18	75.00	3.4	75.00	0.0131
19	90.00	3.6	90.00	0.0115
20	105.00	3.9	105.00	0.0103
21	120.00	4	120.00	0.0093

IPPM 2

N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	0.4	1.00	0.2415
2	2.00	0.8	2.00	0.1569
3	3.00	1	3.00	0.1219
4	4.00	1.3	4.00	0.1019
5	5.00	1.3	5.00	0.0887
6	6.00	1.5	6.00	0.0792
7	8.00	1.6	8.00	0.0662
8	10.00	1.7	10.00	0.0576
9	12.00	1.8	12.00	0.0515
10	15.00	1.9	15.00	0.0448
11	20.00	2	20.00	0.0375
12	25.00	2.1	25.00	0.0326
13	30.00	2.3	30.00	0.0291
14	35.00	2.4	35.00	0.0264
15	40.00	2.5	40.00	0.0243
16	50.00	2.7	50.00	0.0212
17	60.00	2.9	60.00	0.0189
18	75.00	3.1	75.00	0.0165
19	90.00	3.3	90.00	0.0147
20	105.00	3.5	105.00	0.0133
21	120.00	3.6	120.00	0.0123

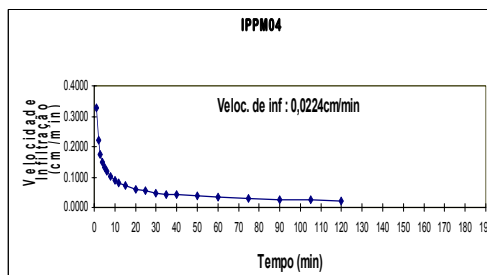
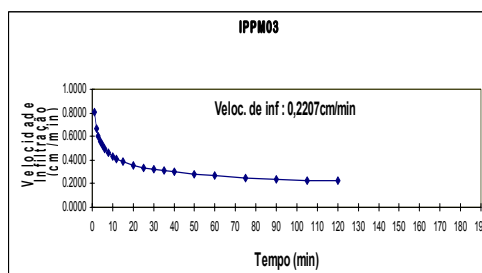


IPPM 3

N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	1.1	1.00	0.8109
2	2.00	1.9	2.00	0.6717
3	3.00	2.5	3.00	0.6016
4	4.00	3	4.00	0.5563
5	5.00	3.5	5.00	0.5236
6	6.00	4	6.00	0.4983
7	8.00	5	8.00	0.4608
8	10.00	6	10.00	0.4337
9	12.00	6.9	12.00	0.4127
10	15.00	8.2	15.00	0.3884
11	20.00	10	20.00	0.3592
12	25.00	11.8	25.00	0.3381
13	30.00	13.5	30.00	0.3217
14	35.00	14.9	35.00	0.3085
15	40.00	16.4	40.00	0.2975
16	50.00	19.1	50.00	0.2800
17	60.00	21.7	60.00	0.2665
18	75.00	25.5	75.00	0.2508
19	90.00	29.4	90.00	0.2387
20	105.00	32.9	105.00	0.2289
21	120.00	36.1	120.00	0.2207

IPPM 4

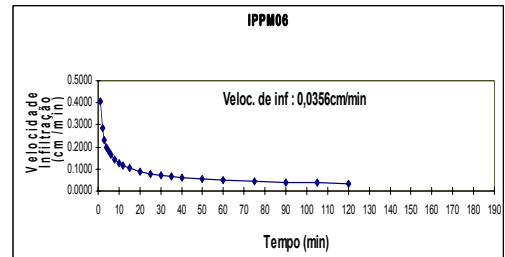
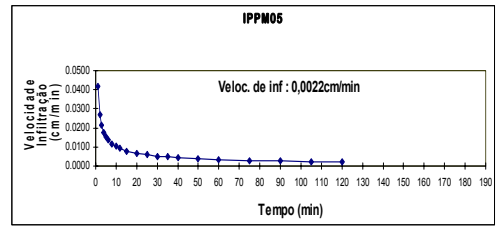
N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	0.6	1.00	0.3265
2	2.00	1	2.00	0.2215
3	3.00	1.2	3.00	0.1765
4	4.00	1.4	4.00	0.1502
5	5.00	1.6	5.00	0.1326
6	6.00	1.7	6.00	0.1197
7	8.00	1.9	8.00	0.1019
8	10.00	2.2	10.00	0.0899
9	12.00	2.4	12.00	0.0812
10	15.00	2.6	15.00	0.0717
11	20.00	2.8	20.00	0.0610
12	25.00	3.1	25.00	0.0538
13	30.00	3.3	30.00	0.0486
14	35.00	3.6	35.00	0.0446
15	40.00	4	40.00	0.0414
16	50.00	4.3	50.00	0.0365
17	60.00	4.5	60.00	0.0330
18	75.00	4.7	75.00	0.0291
19	90.00	5	90.00	0.0263
20	105.00	5.3	105.00	0.0241
21	120.00	5.7	120.00	0.0224



IPPM 6

N	X(t)	Y (cm)	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		
1	1.00	0.1	1.00	0.0415	1	1.00	0.8	1.00	0.4057
2	2.00	0.1	2.00	0.0272	2	2.00	1.1	2.00	0.2852
3	3.00	0.2	3.00	0.0212	3	3.00	1.5	3.00	0.2321
4	4.00	0.2	4.00	0.0178	4	4.00	1.7	4.00	0.2005
5	5.00	0.2	5.00	0.0155	5	5.00	1.9	5.00	0.1790
6	6.00	0.3	6.00	0.0139	6	6.00	2	6.00	0.1632
7	8.00	0.3	8.00	0.0117	7	8.00	2.3	8.00	0.1410
	10.00	0.3	10.00	0.0102	8	10.00	2.6	10.00	0.1259
9	12.00	0.3	12.00	0.0091	9	12.00	2.8	12.00	0.1147
10	15.00	0.3	15.00	0.0079	10	15.00	3.1	15.00	0.1024
11	20.00	0.3	20.00	0.0067	11	20.00	3.5	20.00	0.0885
12	25.00	0.3	25.00	0.0058	12	25.00	3.9	25.00	0.0790
13	30.00	0.3	30.00	0.0052	13	30.00	4.4	30.00	0.0720
14	35.00	0.3	35.00	0.0047	14	35.00	4.7	35.00	0.0666
15	40.00	0.3	40.00	0.0044	15	40.00	5	40.00	0.0622
16	50.00	0.6	50.00	0.0038	16	50.00	5.4	50.00	0.0555
17	60.00	0.6	60.00	0.0034	17	60.00	6	60.00	0.0506
18	75.00	0.7	75.00	0.0030	18	75.00	6.9	75.00	0.0452
19	90.00	0.7	90.00	0.0027	19	90.00	7.7	90.00	0.0412
20	105.00	0.7	105.00	0.0024	20	105.00	8.3	105.00	0.0381
21	120.00	0.7	120.00	0.0022	21	120.00	9	120.00	0.0356

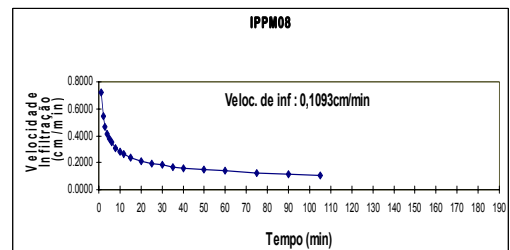
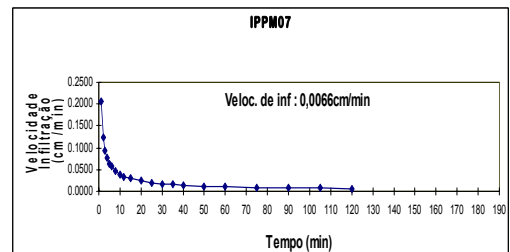
IPPM 7



IPPM 7

N	X(t)	Y	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		
1	1.00	0.4	1.00	0.2048	1	1.00	1.1	1.00	0.7214
2	2.00	1	2.00	0.1244	2	2.00	2	2.00	0.5446
3	3.00	1.1	3.00	0.0930	3	3.00	2.5	3.00	0.4621
4	4.00	1.3	4.00	0.0756	4	4.00	2.9	4.00	0.4112
5	5.00	1.4	5.00	0.0644	5	5.00	3.3	5.00	0.3756
6	6.00	1.5	6.00	0.0565	6	6.00	3.5	6.00	0.3489
7	8.00	1.5	8.00	0.0459	7	8.00	4.2	8.00	0.3105
8	10.00	1.5	10.00	0.0391	8	10.00	4.8	10.00	0.2836
9	12.00	1.5	12.00	0.0343	9	12.00	5	12.00	0.2634
10	15.00	1.6	15.00	0.0292	10	15.00	5.8	15.00	0.2406
11	20.00	1.6	20.00	0.0238	11	20.00	7.1	20.00	0.2141
12	25.00	1.6	25.00	0.0203	12	25.00	8	25.00	0.1956
13	30.00	1.8	30.00	0.0178	13	30.00	8.9	30.00	0.1817
14	35.00	1.9	35.00	0.0159	14	35.00	9.8	35.00	0.1707
15	40.00	1.9	40.00	0.0144	15	40.00	10.3	40.00	0.1617
16	50.00	2.1	50.00	0.0123	16	50.00	12.1	50.00	0.1477
17	60.00	2.1	60.00	0.0108	17	60.00	13.6	60.00	0.1372
18	75.00	2.3	75.00	0.0092	18	75.00	15.6	75.00	0.1253
19	90.00	2.5	90.00	0.0081	19	90.00	18.2	90.00	0.1164
20	105.00	2.8	105.00	0.0072	20	105.00	20.8	105.00	0.1093
21	120.00	2.9	120.00	0.0066					

IPPM 8

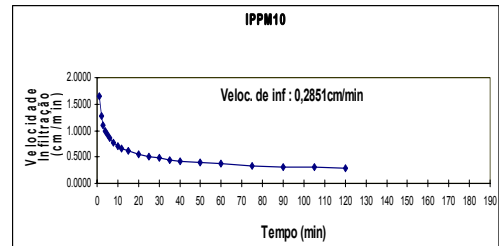
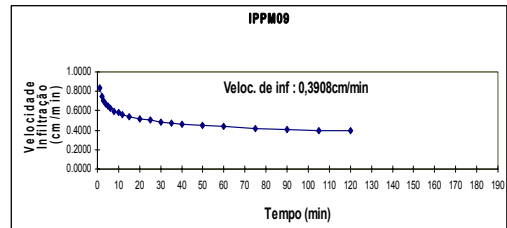


IPPM 9

N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	0.9	1.00	0.8305
2	2.00	1.8	2.00	0.7446
3	3.00	2.6	3.00	0.6986
4	4.00	3.3	4.00	0.6676
5	5.00	4	5.00	0.6446
6	6.00	4.6	6.00	0.6263
7	8.00	5.6	8.00	0.5986
8	10.00	7	10.00	0.5779
9	12.00	7.2	12.00	0.5616
10	15.00	9.6	15.00	0.5422
11	20.00	12.3	20.00	0.5182
12	25.00	14.9	25.00	0.5003
13	30.00	17.2	30.00	0.4861
14	35.00	19.8	35.00	0.4745
15	40.00	22.7	40.00	0.4646
16	50.00	26.8	50.00	0.4486
17	60.00	32	60.00	0.4359
18	75.00	37.7	75.00	0.4208
19	90.00	44.3	90.00	0.4089
20	105.00	49.9	105.00	0.3991
21	120.00	51.7	120.00	0.3908

IPPM 10

N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-		
1	1.00	2.8	1.00	1.6440
2	2.00	4.1	2.00	1.2756
3	3.00	5.7	3.00	1.0997
4	4.00	6	4.00	0.9898
5	5.00	7	5.00	0.9122
6	6.00	7.9	6.00	0.8533
7	8.00	9.1	8.00	0.7680
8	10.00	11.1	10.00	0.7078
9	12.00	11.6	12.00	0.6621
10	15.00	13.3	15.00	0.6102
11	20.00	16.1	20.00	0.5492
12	25.00	17.5	25.00	0.5061
13	30.00	24.9	30.00	0.4735
14	35.00	27	35.00	0.4475
15	40.00	28.5	40.00	0.4261
16	50.00	32.2	50.00	0.3927
17	60.00	36	60.00	0.3674
18	75.00	40	75.00	0.3386
19	90.00	44.9	90.00	0.3167
20	105.00	49.8	105.00	0.2993
21	120.00	54.3	120.00	0.2851

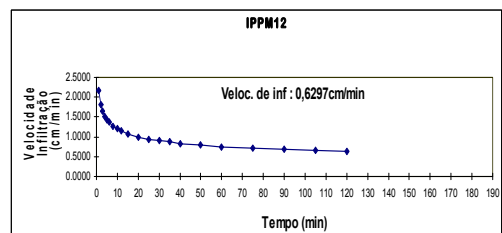
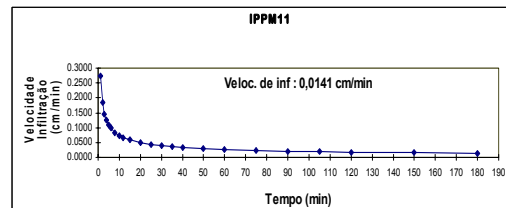


IPPM 11

N	X(t)	Y	t	V
0	-	-		
1	1.00	0.5	1.00	0.2750
2	2.00	0.7	2.00	0.1849
3	3.00	0.9	3.00	0.1466
4	4.00	1.4	4.00	0.1243
5	5.00	1.5	5.00	0.1094
6	6.00	1.5	6.00	0.0986
7	8.00	1.8	8.00	0.0836
8	10.00	1.9	10.00	0.0736
9	12.00	2.1	12.00	0.0663
10	15.00	2.4	15.00	0.0583
11	20.00	2.5	20.00	0.0495
12	25.00	2.7	25.00	0.0435
13	30.00	3	30.00	0.0392
14	35.00	2.7	35.00	0.0359
15	40.00	3	40.00	0.0333
16	50.00	3.1	50.00	0.0293
17	60.00	3.3	60.00	0.0264
18	75.00	3.7	75.00	0.0232
19	90.00	4	90.00	0.0209
20	105.00	4.5	105.00	0.0191
21	120.00	5	120.00	0.0177
22	150.00	5.4	150.00	0.0156
23	180.00	5.9	180.00	0.0141

IPPM 12

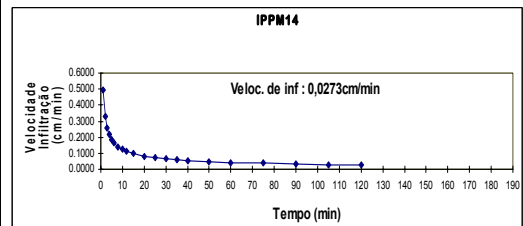
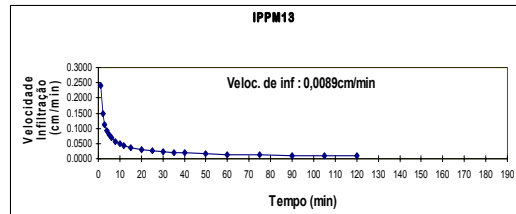
N	X(t)	Y	t	V
0	-	-		
1	1.00	3	1.00	2.1792
2	2.00	4.9	2.00	1.8207
3	3.00	6.4	3.00	1.6390
4	4.00	8	4.00	1.5212
5	5.00	9.9	5.00	1.4357
6	6.00	10.9	6.00	1.3694
7	8.00	14	8.00	1.2709
8	10.00	16.5	10.00	1.1995
9	12.00	18.4	12.00	1.1441
10	15.00	21.5	15.00	1.0798
11	20.00	26.9	20.00	1.0021
12	25.00	31.8	25.00	0.9458
13	30.00	36.9	30.00	0.9021
14	35.00	41	35.00	0.8668
15	40.00	46.1	40.00	0.8373
16	50.00	54	50.00	0.7902
17	60.00	67.5	60.00	0.7537
18	75.00	74.5	75.00	0.7113
19	90.00	75.5	90.00	0.6785
20	105.00	87	105.00	0.6519
21	120.00	103.1	120.00	0.6297



IPPM 13

N	X(t)	Y	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		
1	1.00	0.8	1.00	0.2403	1	1.00	1.1	1.00	0.4968
2	2.00	1	2.00	0.1492	2	2.00	1.6	2.00	0.3264
3	3.00	1.1	3.00	0.1129	3	3.00	1.9	3.00	0.2554
4	4.00	1.2	4.00	0.0927	4	4.00	2.4	4.00	0.2145
5	5.00	1.3	5.00	0.0795	5	5.00	2.6	5.00	0.1874
6	6.00	1.4	6.00	0.0701	6	6.00	2.8	6.00	0.1678
7	8.00	1.5	8.00	0.0575	7	8.00	3	8.00	0.1410
8	10.00	1.5	10.00	0.0494	8	10.00	3.3	10.00	0.1231
9	12.00	1.6	12.00	0.0435	9	12.00	3.5	12.00	0.1103
10	15.00	1.7	15.00	0.0373	10	15.00	3.8	15.00	0.0963
11	20.00	1.9	20.00	0.0306	11	20.00	4.1	20.00	0.0809
12	25.00	2	25.00	0.0263	12	25.00	4.4	25.00	0.0707
13	30.00	2.1	30.00	0.0232	13	30.00	4.5	30.00	0.0633
14	35.00	2.2	35.00	0.0209	14	35.00	4.6	35.00	0.0577
15	40.00	2.3	40.00	0.0190	15	40.00	4.9	40.00	0.0532
16	50.00	2.5	50.00	0.0163	16	50.00	5.4	50.00	0.0465
17	60.00	2.7	60.00	0.0144	17	60.00	6	60.00	0.0416
18	75.00	3	75.00	0.0124	18	75.00	6.9	75.00	0.0363
19	90.00	3.3	90.00	0.0109	19	90.00	7.7	90.00	0.0325
20	105.00	3.6	105.00	0.0098	20	105.00	8.3	105.00	0.0296
21	120.00	3.9	120.00	0.0089	21	120.00	9	120.00	0.0273

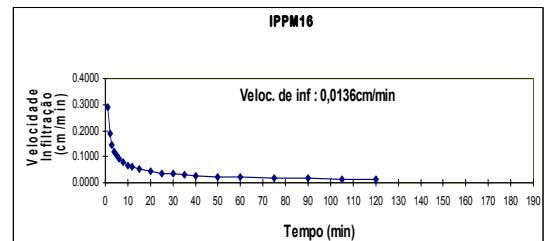
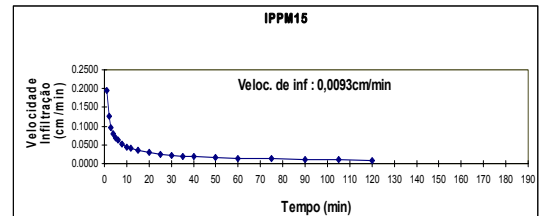
IPPM 14



IPPM 15

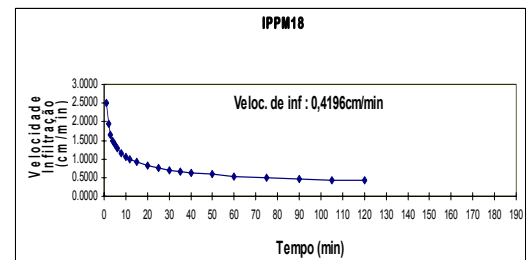
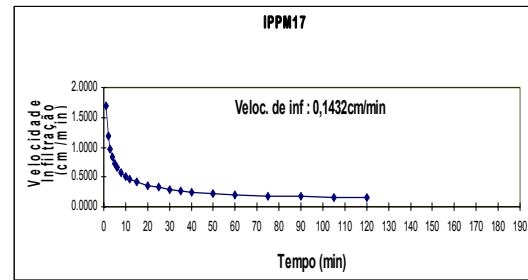
N	X(t)	Y	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		
1	1.00	0.5	1.00	0.1949	1	1.00	1	1.00	0.2915
2	2.00	0.6	2.00	0.1254	2	2.00	1.1	2.00	0.1870
3	3.00	0.7	3.00	0.0969	3	3.00	1.2	3.00	0.1442
4	4.00	0.8	4.00	0.0807	4	4.00	1.3	4.00	0.1200
5	5.00	1	5.00	0.0700	5	5.00	1.5	5.00	0.1040
6	6.00	1.1	6.00	0.0623	6	6.00	1.5	6.00	0.0925
7	8.00	1.3	8.00	0.0519	7	8.00	1.6	8.00	0.0769
8	10.00	1.5	10.00	0.0450	8	10.00	1.8	10.00	0.0667
9	12.00	1.5	12.00	0.0401	9	12.00	1.8	12.00	0.0593
10	15.00	1.6	15.00	0.0348	10	15.00	2	15.00	0.0514
11	20.00	1.7	20.00	0.0289	11	20.00	2.3	20.00	0.0428
12	25.00	1.8	25.00	0.0251	12	25.00	2.4	25.00	0.0371
13	30.00	1.8	30.00	0.0224	13	30.00	2.4	30.00	0.0330
14	35.00	1.9	35.00	0.0203	14	35.00	2.7	35.00	0.0299
15	40.00	2	40.00	0.0186	15	40.00	2.9	40.00	0.0274
16	50.00	2.3	50.00	0.0162	16	50.00	3.1	50.00	0.0238
17	60.00	2.5	60.00	0.0144	17	60.00	3.5	60.00	0.0212
18	75.00	2.5	75.00	0.0125	18	75.00	3.9	75.00	0.0183
19	90.00	2.5	90.00	0.0111	19	90.00	4.4	90.00	0.0163
20	105.00	2.6	105.00	0.0101	20	105.00	5.1	105.00	0.0148
21	120.00	2.8	120.00	0.0093	21	120.00	5.6	120.00	0.0136

IPPM 16



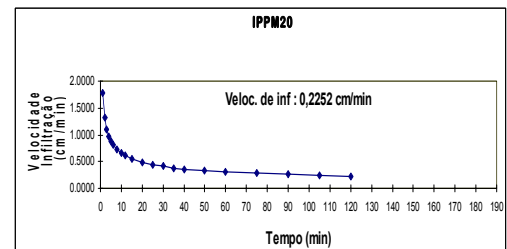
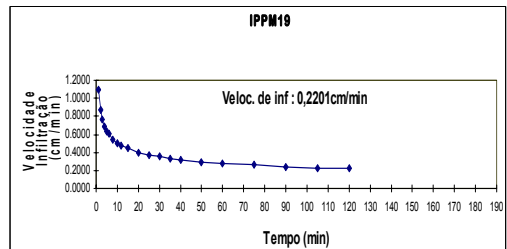
IPPM 17

N	X(t)	Y	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		2.4982
1	1.00	3.5	1.00	1.6862	1	1.00	3.7	1.00	1.9296
2	2.00	5	2.00	1.1800	2	2.00	6.2	2.00	1.6590
3	3.00	6.5	3.00	0.9576	3	3.00	7.5	3.00	1.4903
4	4.00	6.8	4.00	0.8257	4	4.00	9.3	4.00	1.3714
5	5.00	7.5	5.00	0.7361	5	5.00	11	5.00	1.2814
6	6.00	8.2	6.00	0.6701	6	6.00	12	6.00	1.1511
7	8.00	10	8.00	0.5778	7	8.00	15.1	8.00	1.0593
8	10.00	10.4	10.00	0.5151	8	10.00	17.5	10.00	0.9897
9	12.00	11.1	12.00	0.4689	9	12.00	20.5	12.00	0.9107
10	15.00	12	15.00	0.4180	10	15.00	22	15.00	0.8182
11	20.00	14.2	20.00	0.3605	11	20.00	26.7	20.00	0.7529
12	25.00	16.4	25.00	0.3213	12	25.00	30.9	25.00	0.7034
13	30.00	17.7	30.00	0.2925	13	30.00	35	30.00	0.6642
14	35.00	18.9	35.00	0.2702	14	35.00	38.7	35.00	0.6319
15	40.00	20	40.00	0.2522	15	40.00	42.5	40.00	0.5815
16	50.00	22.3	50.00	0.2249	16	50.00	47.7	50.00	0.5433
17	60.00	25	60.00	0.2047	17	60.00	54.3	60.00	0.5000
18	75.00	28.5	75.00	0.1825	18	75.00	59	75.00	0.4671
19	90.00	31.8	90.00	0.1661	19	90.00	62.5	90.00	0.4410
20	105.00	35.3	105.00	0.1534	20	105.00	66.5	105.00	0.4196
21	120.00	38.7	120.00	0.1432	21	120.00	74.7	120.00	



IPPM 19

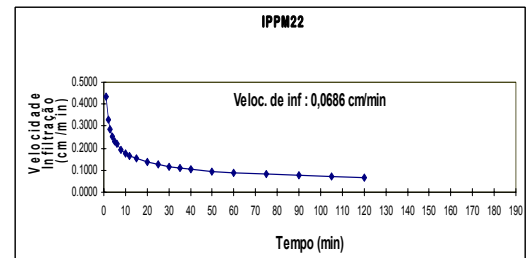
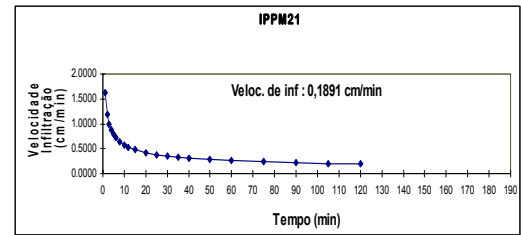
N	X(t)	Y	t	Ci	N	X(t)	Y	t	Ci
0	-	-			0	-	-		1.7756
1	1.00	1.8	1.00	1.0966	1	1.00	3.4	1.00	1.3168
2	2.00	2.7	2.00	0.8691	2	2.00	4.8	2.00	1.1055
3	3.00	3.5	3.00	0.7586	3	3.00	5.6	3.00	0.9765
4	4.00	4.1	4.00	0.6888	4	4.00	6.7	4.00	0.8869
5	5.00	4.8	5.00	0.6391	5	5.00	7.7	5.00	0.8198
6	6.00	5.3	6.00	0.6012	6	6.00	8.5	6.00	0.7242
7	8.00	6.3	8.00	0.5459	7	8.00	10	8.00	0.6577
8	10.00	7.5	10.00	0.5066	8	10.00	11.4	10.00	0.6080
9	12.00	8.3	12.00	0.4765	9	12.00	12.7	12.00	0.5522
10	15.00	9.9	15.00	0.4422	10	15.00	14.5	15.00	0.4878
11	20.00	11.6	20.00	0.4015	11	20.00	16.8	20.00	0.4430
12	25.00	13.6	25.00	0.3725	12	25.00	19.2	25.00	0.4095
13	30.00	15.1	30.00	0.3504	13	30.00	21.5	30.00	0.3832
14	35.00	17.4	35.00	0.3328	14	35.00	23.1	35.00	0.3617
15	40.00	18.8	40.00	0.3182	15	40.00	25	40.00	0.3285
16	50.00	21	50.00	0.2953	16	50.00	28.5	50.00	0.3037
17	60.00	24.5	60.00	0.2777	17	60.00	31.8	60.00	0.2758
18	75.00	29.1	75.00	0.2577	18	75.00	36.7	75.00	0.2550
19	90.00	33.8	90.00	0.2424	19	90.00	41.7	90.00	0.2386
20	105.00	39.4	105.00	0.2302	20	105.00	45.3	105.00	0.2252
21	120.00	44.4	120.00	0.2201	21	120.00	50	120.00	



IPPM 21

IPPM 22

N	X(t)	Y	t	V	N	X(t)	Y	t	V
0	-	-			0	-	-		
1	1.00	3.2	1.00	1.6247	1	1.00	0.7	1.00	0.4325
2	2.00	4.6	2.00	1.1900	2	2.00	1.1	2.00	0.3313
3	3.00	5.5	3.00	0.9918	3	3.00	1.3	3.00	0.2835
4	4.00	6.3	4.00	0.8716	4	4.00	1.7	4.00	0.2538
5	5.00	7	5.00	0.7884	5	5.00	2	5.00	0.2329
6	6.00	7.9	6.00	0.7264	6	6.00	2.2	6.00	0.2171
7	8.00	9	8.00	0.6383	7	8.00	2.6	8.00	0.1944
8	10.00	10.1	10.00	0.5775	8	10.00	2.9	10.00	0.1784
9	12.00	11	12.00	0.5320	9	12.00	3.3	12.00	0.1663
10	15.00	12.5	15.00	0.4813	10	15.00	3.5	15.00	0.1526
11	20.00	14.7	20.00	0.4229	11	20.00	4.1	20.00	0.1366
12	25.00	16.5	25.00	0.3826	12	25.00	5	25.00	0.1254
13	30.00	18.7	30.00	0.3525	13	30.00	5.7	30.00	0.1169
14	35.00	20.7	35.00	0.3289	14	35.00	6	35.00	0.1102
15	40.00	22	40.00	0.3098	15	40.00	6.7	40.00	0.1047
16	50.00	25	50.00	0.2802	16	50.00	7.9	50.00	0.0961
17	60.00	28.1	60.00	0.2582	17	60.00	8.8	60.00	0.0895
18	75.00	32.1	75.00	0.2336	18	75.00	9.9	75.00	0.0822
19	90.00	36.5	90.00	0.2152	19	90.00	11.3	90.00	0.0766
20	105.00	40.5	105.00	0.2008	20	105.00	12.7	105.00	0.0722
21	120.00	45.7	120.00	0.1891	21	120.00	14	120.00	0.0686



APÊNDICE II PLANILHAS DO CÁLCULO DE RECARGA

Rp Complexo de Nicoya

fc [mm/d]	3258.72	por peso
Kp [0.01%]	0.06	(%) (mm)
Kv [0.01%]	0.20	CC 26.00 728.00
Kfc [0.01%]	1	PM 12.00 336.00
I [0.01%] =	1	(CC-PM) 14.00 392.00
DS (g/cm ³):	1.40	
PR (mm)	2000.00	
HSi (mm)	728.00	
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	10	
Chuva retenida [0.01%] : Florestas=0.2, outros=0.12	0.20	

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	594.66	501.71	440.66	398.86	379.45	511.74	728.00	686.70	728.00	728.00	728.00	684.73	
C1	0.66	0.42	0.27	0.18	0.69	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	
C2	0.35	0.22	0.12	0.08	0.38	1.00	0.87	1.00	1.00	1.00	0.87	0.61	
HD (mm)	258.66	165.71	106.66	71.56	270.89	529.74	489.36	553.18	692.72	659.92	468.56	358.43	
ETR (mm)	92.95	61.05	43.80	28.11	95.15	134.40	138.66	150.20	127.30	119.10	119.83	99.77	1210.33
HSf (mm)	501.71	440.66	398.86	379.45	511.74	728.00	686.70	728.00	728.00	728.00	684.73	594.66	
DCC (mm)	226.29	287.34	329.14	348.55	216.26	0.00	41.30	0.00	0.00	0.00	43.27	133.34	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.34	0.00	10.98	173.42	148.82	0.00	0.00	336.55
NR (mm)	317.44	417.19	511.64	530.94	299.31	0.00	50.94	0.00	0.00	0.00	51.74	164.57	2343.78

Rp Formação Bagaces

fc [mm/d]	3168.00	por peso
Kp [0.01%]	0.06	(%) (mm)
Kv [0.01%]	0.20	CC 26.00 754.00
Kfc [0.01%]	1	PM 12.00 348.00
I [0.01%] =	1	(CC-PM) 14.00 406.00
DS (g/cm ³):	1.45	
PR (mm)	2000.00	
HSi (mm)	754.00	
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	10	

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	619.43	524.26	460.87	416.68	395.66	528.86	749.37	708.58	754.00	754.00	754.00	710.44	
C1	0.67	0.43	0.28	0.19	0.68	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	
C2	0.37	0.23	0.13	0.09	0.38	0.99	0.86	1.00	1.00	1.00	0.87	0.62	
HD (mm)	271.43	176.26	114.87	77.38	275.10	534.86	498.73	563.06	706.72	673.92	482.56	372.14	
ETR (mm)	95.18	63.39	46.18	29.72	94.25	133.48	138.15	150.20	127.30	119.10	120.12	100.70	1217.78
HSf (mm)	524.26	460.87	416.68	395.66	528.86	749.37	708.58	754.00	754.00	754.00	710.44	619.43	
DCC (mm)	229.74	293.13	337.32	358.34	225.14	4.63	45.42	0.00	0.00	0.00	43.56	134.57	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.86	173.42	148.82	0.00	0.00	329.10
NR (mm)	318.67	420.64	517.43	539.12	309.10	5.54	55.57	0.00	0.00	0.00	51.74	164.86	2382.67

Depósitos Recentes Setor Central

fc [mm/d]	332.16	por peso	(%)	(mm)
Kp [0.01%]	0.06			
Kv [0.01%]	0.20	CC	31.00	1046.25
Kfc [0.01%]	0.77595	PM	15.00	506.25
I [0.01%] =	1	(CC- PM)	16.00	540.00
DS (g/cm³):	1.35			
PR (mm)	2500.00			
HSi (mm)	1046.25			
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	10			
Chuva retenida [0.01%] : Florestas=0.2, outros=0.12	0.20			

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	902.90	790.72	707.93	642.46	605.68	743.05	973.06	939.16	999.06	1046.25	1046.25	1000.66	
C1	0.73	0.53	0.38	0.27	0.61	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	
C2	0.48	0.34	0.22	0.16	0.41	0.85	0.77	0.90	1.00	1.00	0.90	0.71	
HD (mm)	396.65	284.47	203.68	144.91	326.87	590.80	564.17	635.39	793.53	807.92	616.56	504.11	
ETR (mm)	112.18	82.79	67.47	45.48	90.07	124.00	131.25	142.58	127.30	119.10	122.15	107.46	1271.83
HSf (mm)	790.72	707.93	642.46	605.68	743.05	973.06	939.16	999.06	1046.25	1046.25	1000.66	902.90	
DCC (mm)	255.53	338.32	403.79	440.57	303.20	73.19	107.09	47.19	0.00	0.00	45.59	143.35	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	126.23	148.82	0.00	0.00	275.05
NR (mm)	327.45	446.43	562.62	605.59	391.33	83.60	124.13	54.81	0.00	0.00	51.74	166.89	2814.59

Depósitos Recentes Setor Sul

fc [mm/d]	3312.00		por peso	
Kp [0.01%]	0.06		(%)	(mm)
Kv [0.01%]	0.20	CC	31.00	837.00
Kfc [0.01%]	1	PM	15.00	405.00
I [0.01%] =	1	(CC- PM)	16.00	432.00
DS (g/cm ³):	1.35			
PR (mm)	2000.00			
HSi (mm)	837.00			
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	11			
Chuva retenida [0.01%] : Florestas=0.2, outros=0.12	0.20			

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	700.34	601.30	533.72	485.18	461.12	595.72	818.69	779.64	832.80	837.00	837.00	792.94	
C1	0.68	0.45	0.30	0.21	0.66	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	
C2	0.39	0.25	0.14	0.11	0.39	0.95	0.84	0.99	1.00	1.00	0.88	0.64	
HD (mm)	295.34	196.30	130.72	88.88	283.56	544.72	511.05	577.12	728.52	699.92	508.56	397.64	
ETR (mm)	99.04	67.58	50.54	32.76	92.84	131.03	136.41	149.32	127.30	119.10	120.62	102.30	1228.84
HSf (mm)	601.30	533.72	485.18	461.12	595.72	818.69	779.64	832.80	837.00	837.00	792.94	700.34	
DCC (mm)	235.70	303.28	351.82	375.88	241.28	18.31	57.36	4.20	0.00	0.00	44.06	136.66	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	169.22	148.82	0.00	0.00	318.04
NR (mm)	320.76	426.60	527.58	553.62	326.64	21.68	69.25	5.08	0.00	0.00	51.74	165.36	2468.30

Depósitos Recentes Setor Nordeste

fc [mm/d]	2532.96	por peso	
Kp [0.01%]	0.06	(%)	(mm)
Kv [0.01%]	0.20	CC	39.00 951.60
Kfc [0.01%]	1	PM	19.00 463.60
I [0.01%] =	1	(CC- PM)	20.00 488.00
DS (g/cm ³):	1.22		
PR (mm)	2000.00		
HSi (mm)	951.60		
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	10		
Chuva retenida [0.01%] : Florestas=0.2, outros=0.12	0.20		

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	811.13	704.76	628.87	571.29	540.61	677.18	904.32	868.31	925.36	951.60	951.60	906.66	
C1	0.71	0.49	0.34	0.24	0.62	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.93	
C2	0.44	0.30	0.18	0.14	0.40	0.89	0.80	0.94	1.00	1.00	0.89	0.68	
HD (mm)	347.53	241.16	167.27	116.39	304.45	567.58	538.08	607.19	762.48	755.92	564.56	452.76	
ETR (mm)	106.38	75.89	59.58	39.38	90.88	126.85	133.38	145.43	127.30	119.10	121.50	105.23	1250.88
HSf (mm)	704.76	628.87	571.29	540.61	677.18	904.32	868.31	925.36	951.60	951.60	906.66	811.13	
DCC (mm)	246.84	322.73	380.31	410.99	274.42	47.28	83.29	26.24	0.00	0.00	44.94	140.47	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	147.18	148.82	0.00	0.00	296.00
NR (mm)	324.57	437.74	547.03	582.11	361.75	54.82	98.22	31.01	0.00	0.00	51.74	166.24	2655.23

Depósitos Recentes Setor Noroeste

fc [mm/d]	4053.06	por peso	(%)	(mm)
Kp [0.01%]	0.06			
Kv [0.01%]	0.20	CC	31.00	806.00
Kfc [0.01%]	1	PM	17.00	442.00
I [0.01%] =	1	(CC- PM)	14.00	364.00
DS (g/cm³):	1.30			
PR (mm)	2000.00			
HSi (mm)	806.00			
Nº de mês com que inicia HSi;1,2,3...12?	10			
Chuva retenida [0.01%] : Florestas=0.2, outros=0.12	0.20			

Conceito	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
P (mm)	0.30	0.00	7.00	13.70	284.30	442.50	121.70	253.10	375.90	334.90	95.70	14.70	1943.80
Ret [mm]	0.30	0.00	5.00	5.00	56.86	88.50	24.34	50.62	75.18	66.98	19.14	5.00	396.92
Pi (mm)	0.00	0.00	2.00	8.70	227.44	354.00	97.36	202.48	300.72	267.92	76.56	9.70	1546.88
ESC (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
ETP (mm)	184.10	190.90	226.30	210.50	178.20	134.40	148.30	150.20	127.30	119.10	128.30	131.00	1928.60
HSi (mm)	675.37	587.19	531.01	494.02	477.76	607.89	806.00	765.44	806.00	806.00	806.00	763.38	
C1	0.64	0.40	0.25	0.17	0.72	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.91	
C2	0.32	0.19	0.09	0.07	0.37	1.00	0.86	1.00	1.00	1.00	0.86	0.58	
HD (mm)	233.37	145.19	91.01	60.72	263.20	519.89	461.36	525.92	664.72	631.92	440.56	331.08	
ETR (mm)	88.18	56.18	38.99	24.96	97.31	134.40	137.92	150.20	127.30	119.10	119.18	97.71	1191.44
HSf (mm)	587.19	531.01	494.02	477.76	607.89	806.00	765.44	806.00	806.00	806.00	763.38	675.37	
DCC (mm)	218.81	274.99	311.98	328.24	198.11	0.00	40.56	0.00	0.00	0.00	42.62	130.63	
Rp (mm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.49	0.00	11.72	173.42	148.82	0.00	0.00	355.44
NR (mm)	314.73	409.71	499.29	513.78	279.00	0.00	50.94	0.00	0.00	0.00	51.74	163.92	2283.13

APÉNDICE III

ENSAIOS DE BOMBEAMENTO

LOCAL	CN-283 Playa Panamá	<u>DATOS – ENSAIO DE BOMBEAMENTO</u>		
POÇO N°	CN-283		ne inicial [m] = 3.79	
DATA DO ENSAIO	29/03/2006	Tempo	nd	Q
FEITO POR	Daniel Murillo	[min]	[m]	[L/s]
DATA DE ANÁLISE	07/04/2006	0.00	3.79	15.00
ANALISADO POR	Daniel Murillo	0.50	6.56	15.00
<u>POÇO DE BOMBEAMENTO</u>		1.00	6.66	15.00
DIÂMETRO DE PERFORAÇÃO [m]	0.15	1.50	6.7	15.00
DIÂMETRO DE ADEME [m]	14.00	2.00	6.75	15.00
MATERIAL DE ADEME	pvc	2.50	6.76	15.00
PROF.INICIO DE REJILLAS [m]	24.00	3.00	6.77	15.00
PROF.FINAL DE REJILLAS [m]	25.00	3.50	6.79	15.00
PROFUNDIDADE DE POÇO [m]	pvc	4.00	6.8	15.00
MATERIAL DE REJILLA		4.50	6.8	15.00
<u>POZO DE OBSERVACIÓN</u>		5.00	6.81	15.00
DIST. AO POÇO TESTEMUNHO[m]	165.00	7.00	6.84	15.00
		9.00	6.85	15.00
		11.00	6.85	15.00
		15.00	6.85	15.00
		20.00	6.85	15.00
		25.00	6.85	15.00
		30.00	6.85	15.00
		40.00	6.86	15.00
		50.00	6.87	15.00
		60.00	6.87	15.00
		75.00	6.88	15.00
		90.00	6.89	15.00
		105.00	6.9	15.00
		120.00	6.92	15.00
		150.00	6.93	15.00
		180.00	6.93	15.00
		210.00	6.93	15.00
		240.00	6.94	15.00
		300.00	6.95	15.00
		360.00	6.95	15.00
		420.00	6.95	15.00
		480.00	6.94	15.00
		540.00	6.92	15.00
		600.00	6.92	15.00
		660.00	6.92	15.00
		720.00	6.91	15.00
		780.00	6.91	15.00
		840.00	6.91	15.00
		900.00	6.91	15.00
		960.00	6.91	15.00
		1020.00	6.91	15.00
		1080.00	6.91	15.00
		1140.00	6.91	15.00
		1200.00	6.91	15.00
		1260.00	6.91	15.00
		1320.00	6.91	15.00

DATOS - POÇO DE OBSERVAÇÃO

Ne [m] = 7.75		
Tempo	nd	Q
[min]	[m]	[lps]
0.00	7.75	15.00
0.50	7.75	15.00
1.00	7.75	15.00
1.50	7.75	15.00
2.00	7.75	15.00
2.50	7.75	15.00
3.00	7.75	15.00
3.50	7.75	15.00
4.00	7.75	15.00
4.50	7.75	15.00
5.00	7.75	15.00
7.00	7.75	15.00
9.00	7.75	15.00
11.00	7.75	15.00
15.00	7.75	15.00
20.00	7.75	15.00
25.00	7.75	15.00
30.00	7.75	15.00
40.00	7.75	15.00
50.00	7.75	15.00
60.00	7.75	15.00
75.00	7.75	15.00
90.00	7.75	15.00
105.00	7.75	15.00
120.00	7.75	15.00
150.00	7.76	15.00
180.00	7.76	15.00
210.00	7.76	15.00
240.00	7.76	15.00
300.00	7.76	15.00
360.00	7.77	15.00
420.00	7.77	15.00
480.00	7.77	15.00
540.00	7.77	15.00
600.00	7.77	15.00
660.00	7.77	15.00
720.00	7.77	15.00
780.00	7.77	15.00
840.00	7.77	15.00
900.00	7.77	15.00
960.00	7.77	15.00
1020.00	7.78	15.00
1080.00	7.78	15.00
1140.00	7.78	15.00
1200.00	7.78	15.00
1260.00	7.78	15.00
1320.00	7.78	15.00

LOCAL	Playa Panamá	DATOS – ENSAIO DE BOMBEAMENTO		
POÇO Nº	CN-231	Tempo	ne inicial [m] = 9.48	Q
DATA DO ENSAIO	10/5/05 al 11/5/05	[min]	[m]	[L/s]
FEITO POR	Departamento pozos			
DATA DE ANÁLISE	05/12/2005	0.00	9.48	11.00
ANALISADO POR	María Gómez Tristán	0.50	11.22	11.00
<u>POÇO DE BOMBEAMENTO</u>		1.00	11.32	11.00
DIÂMETRO DE PERFORACION [m]		1.50	11.43	11.00
DIÂMETRO DE ADEME [m]	0.30	2.00	11.47	11.00
MATERIAL DE ADEME	0.20	2.50	11.51	11.00
PROF.INICIO DE REJILLAS [m]	HG	3.00	11.55	11.00
PROF.FINAL DE REJILLAS [m]	14.00	3.50	11.58	11.00
PROFUNDIDADE DE POÇO [m]	23.30	4.00	11.61	11.00
MATERIAL DE REJILLA	23.30	4.50	11.65	11.00
<u>POÇO TESTEMUNHO</u>	HG	5.00	11.70	11.00
DIST. AO POÇO TESTEMUNHO[m]		7.00	11.78	11.00
		9.00	11.83	11.00
		11.00	11.85	11.00
		15.00	11.89	11.00
		20.00	11.92	11.00
		25.00	11.92	11.00
		30.00	11.92	11.00
		40.00	11.95	11.00
		50.00	11.97	11.00
		60.00	12.00	11.00
		75.00	12.04	11.00
		90.00	12.08	11.00
		105.00	12.11	11.00
		120.00	12.13	11.00
		150.00	12.20	11.00
		180.00	12.24	11.00
		210.00	12.29	11.00
		240.00	12.33	11.00
		300.00	12.41	11.00
		360.00	12.47	11.00
		420.00	12.53	11.00
		480.00	12.56	11.00
		540.00	12.61	11.00
		600.00	12.66	11.00
		660.00	12.71	11.00
		720.00	12.76	11.00
		780.00	12.81	11.00
		840.00	12.86	11.00
		900.00	12.92	11.00
		960.00	12.96	11.00
		1020.00	13.01	11.00
		1080.00	13.08	11.00
		1140.00	13.14	11.00
		1200.00	13.17	11.00
		1260.00	13.20	11.00
		1320.00	13.23	11.00
		1380.00	13.25	11.00
		1440.00	13.27	11.00

APÉNDICE IV ENSAIOS GEOFÍSICOS

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV01		Data:		Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV02		Data:	01/06/06
COORDENADAS			283520 355230	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			284260 354891	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 100 mA	Min						Corr	Mini	100 mA
							10 mA							Máxi sdesv %	200 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	sdesv %	Corr.
1	1	0.3	104.170	4.76	496.34	0.00	50	1	1	0.3	6.5615	4.76	31.26390	0.0	100
2	1.5	0.3	45.100	11.31	510.07	0.00	20	2	1.5	0.3	2.8857	11.31	32.63650	0.1	200
3	2	0.3	24.061	20.47	492.59	0.00	50	3	2	0.3	1.4783	20.47	30.26481	0.0	100
4	3	0.3	7.696	46.65	359.05	0.00	20	4	3	0.3	0.6041	46.65	28.18380	0.0	100
5	4	0.3	3.058	83.30	254.73	0.00	20	5	4	0.3	0.3022	83.30	25.17631	0.1	100
6	5	0.3	1.493	130.43	194.69	0.10	20	6	4	1	1.0311	23.56	24.29472	0.0	100
7	5	1	4.272	37.70	161.05	0.00	20	6	5	1	0.6105	37.70	23.01606	0.0	100
8	6	1	2.454	54.98	134.93	0.30	20	7	8	1	0.2209	98.96	21.86723	0.0	200
9	8	1	1.283	98.96	126.93	1.20	10	8	10	1	0.1348	155.51	20.97503	0.0	100
10	10	1	0.651	155.51	101.24	0.20	20	9	15	1	0.0577	351.86	20.31314	0.0	200
11	12	1	0.424	224.62	95.13	0.30	20	10	15	2.5	0.1394	137.44	19.16941	0.0	100
12	15	1	0.198	351.86	69.82	0.00	100	11	20	2.5	0.0764	247.40	18.90956	0.1	100
13	15	3	0.523	113.10	59.18	0.10	100	12	25	2.5	0.0491	388.77	19.09182	0.0	100
14	20	3	0.292	204.73	59.78	0.10	50	13	30	2.5	0.0362	561.56	20.34868	0.0	200
15	25	3	0.184	322.54	59.30	0.20	50	15	40	2.5	0.0236	1001.38	23.67269	0.2	100
16	30	3	0.119	466.53	55.56	0.20	100	16	40	10	0.1048	235.62	24.70470	0.1	100
17	35	3	0.109	636.70	69.34	0.10	100	17	50	10	0.0749	376.99	28.23626	0.1	200
18	40	3	0.116	833.05	96.92	0.60	20	18	60	10	0.0598	549.78	32.89986	0.0	200
19	40	10	0.317	235.62	74.59	1.30	20	19	70	10	0.0497	753.98	37.52343	0.0	100
20	45	10	0.263	302.38	79.55	0.10	20	20	80	10	0.0428	989.60	42.38365	0.1	100
21	50	10	0.267	376.99	100.62	0.60	20	21	80	20	0.0887	471.24	41.80407	0.1	200
22	60	10	0.137	549.78	75.12	4.50	20	22	90	20	0.0777	604.76	47.04341	0.1	200
23	70	10	0.174	753.98	131.21	1.00	20	23	100	20	0.0699	753.98	52.73352	0.1	100
24	80	10	0.124	989.60	122.60	1.10	20	24	110	20	0.0639	918.92	58.76834	0.0	200
25	80	30	0.404	287.98	116.28	0.20	20								
26	90	30	0.341	376.99	128.46	0.20	20								
27	100	30	0.301	476.47	143.32	0.10	20								

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV03		Data:		Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV04		Data:	
COORDENADAS			283520 355230	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			284760 354800	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 200 mA	Min 50 mA						Corr	Mini	20 mA
														Máxi sdesv %	200 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	sdesv %	Corr.
1	1	0.3	6.988	4.76	33.30	0.00	200	1	1	0.3	7.482	4.76	35.65	0.1	1
2	1.5	0.3	2.812	11.31	31.80	0.00	200	2	1.5	0.3	2.493	11.31	28.19	0.0	1.5
3	2	0.3	1.629	20.47	33.36	0.00	200	3	2	0.3	1.110	20.47	22.71	0.0	2
4	3	0.3	0.777	46.65	36.26	0.00	50	4	3	0.3	0.418	46.65	19.50	0.0	3
5	4	0.3	0.475	83.30	39.56	0.00	100	5	4	0.3	0.203	83.30	16.88	0.0	4
6	5	0.3	0.322	130.43	41.94	0.00	200	6	5	0.3	0.108	130.43	14.09	0.2	5
7	5	1	1.011	37.70	38.10	0.00	100	6	5	1	0.383	37.70	14.44	0.0	5
8	6	1	0.737	54.98	40.51	0.00	100	7	6	1	0.241	54.98	13.28	0.0	6
9	8	1	0.459	98.96	45.45	0.10	100	8	8	1	0.123	98.96	12.17	0.2	8
10	10	1	0.310	155.51	48.23	0.00	200	9	10	1	0.079	155.51	12.23	0.2	10
11	12	1	0.224	224.62	50.39	0.00	100	10	12	1	0.054	224.62	12.10	0.1	12
12	15	1	0.147	351.86	51.72	0.00	100	11	15	1	0.034	351.86	11.95	0.9	15
13	15	3	0.432	113.10	48.84	0.10	50	12	15	3	0.099	113.10	11.24	0.2	15
14	20	3	0.238	204.73	48.66	0.10	100	13	20	3	0.063	204.73	12.96	0.0	20
15	25	3	0.141	322.54	45.35	0.00	100	15	25	3	0.049	322.54	15.72	1.9	25
16	30	3	0.106	466.53	49.40	0.10	100	16	30	3	0.038	466.53	17.89	0.6	30
17	35	3	0.079	636.70	50.20	0.20	50	17	35	3	0.032	636.70	20.15	0.9	35
18	40	3	0.062	833.05	51.79	0.10	100	18	40	3	0.026	833.05	21.96	0.2	40
19	40	10	0.219	235.62	51.60	0.10	100	19	40	10	0.087	235.62	20.60	0.1	40
20	45	10	0.177	302.38	53.51	0.10	100	20	45	10	0.075	302.38	22.75	0.1	45
21	50	10	0.149	376.99	56.10	0.00	200	21	50	10	0.067	376.99	25.13	0.4	50
22	60	10	0.111	549.78	61.14	0.40	100	22	60	10	0.055	549.78	30.22	0.2	60
23	70	10	0.087	753.98	65.56	0.20	50	23	70	10	0.048	753.98	35.98	0.4	70
24	80	10	0.072	989.60	71.43	0.20	50	24	80	10	0.042	989.60	41.10	0.3	80
25	80	30	0.232	287.98	66.85	0.10	50	25	80	30	0.137	287.98	39.46	0.4	80
26	90	30	0.194	376.99	73.16	0.00	50	26	90	30	0.121	376.99	45.64	0.6	90
27	100	30	0.170	476.47	80.92	0.00	200	27	100	30	0.103	476.47	49.12	0.5	100
28	110	30	0.147	586.43	86.44	0.20	50	28	110	30	0.083	586.43	48.58	0.1	110

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV05		Data:		Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV06		Data:	16-02-06
COORDENADAS			284870 355200	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			285370 355110	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 200 mA	Min 50 mA						Corr	Mini	100 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	sdesv %	Corr.
1	1	0.3	8.972	4.76	42.75	0.00		1	1	0.3	7.584	4.76	36.134	0.0	100
2	1.5	0.3	4.207	11.31	47.58	0.00		2	1.5	0.3	2.645	11.31	29.910	0.0	200
3	2	0.3	2.307	20.47	47.23	0.20		3	2	0.3	0.951	20.47	19.464	0.0	200
4	3	0.3	0.906	46.65	42.27	0.00		4	3	0.3	0.289	46.65	13.469	0.0	200
5	4	0.3	0.431	83.30	35.91	0.00		5	4	0.3	0.104	83.30	8.689	0.0	200
6	5	0.3	0.243	130.43	31.73	0.00		6	5	0.3	0.007	130.43	0.868	0.0	200
7	5	1	0.820	37.70	30.90	0.00		6	5	1	0.219	37.70	8.253	0.0	200
8	6	1	0.483	54.98	26.57	0.00		7	6	1	0.150	54.98	8.257	0.0	200
9	8	1	0.224	98.96	22.15	0.00		8	8	1	0.089	98.96	8.845	0.0	200
10	10	1	0.133	155.51	20.63	0.00		9	10	1	0.060	155.51	9.368	0.0	200
11	12	1	0.089	224.62	20.04	0.00		10	12	1	0.043	224.62	9.746	0.1	200
12	15	1	0.055	351.86	19.36	0.10		11	15	1	0.029	351.86	10.331	0.1	200
13	15	3	0.158	113.10	17.86	0.00		12	15	3	0.090	113.10	10.218	0.2	100
14	20	3	0.086	204.73	17.63	0.10		13	20	3	0.052	204.73	10.728	0.1	100
15	25	3	0.055	322.54	17.82	0.10		15	25	3	0.036	322.54	11.664	0.1	200
16	30	3	0.042	466.53	19.53	0.10		16	30	3	0.028	466.53	12.918	0.1	200
17	35	3	0.035	636.70	22.09	0.40		17	35	3	0.023	636.70	14.488	0.1	200
18	40	3	0.030	833.05	24.77	0.20		18	40	3	0.019	833.05	16.232	0.2	200
19	40	10	0.102	235.62	24.08	0.10		19	40	10	0.007	235.62	1.576	0.0	200
20	45	10	0.089	302.38	27.05	0.00		20	45	10	0.058	302.38	17.580	0.1	200
21	50	10	0.080	376.99	30.13	0.00		21	50	10	0.052	376.99	19.554	0.0	100
22	60	10	0.068	549.78	37.12	0.10		22	60	10	0.043	549.78	23.513	0.1	200
23	70	10	0.054	753.98	40.42	0.10		23	70	10	0.036	753.98	26.790	0.1	200
24	80	10	0.043	989.60	42.49	0.10		24	80	10	0.031	989.60	30.183	0.0	200
25	80	30	0.136	287.98	39.07	0.10		25	80	30	0.097	287.98	27.877	0.0	200
26	90	30	0.110	376.99	41.57	0.10		26	90	30	0.084	376.99	31.624	0.0	500
27	100	30	0.094	476.47	44.98	0.30									
28	110	30	0.084	586.43	49.28	0.10									
29	120	30	0.077	706.86	54.14	0.10									

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV07		Data:	01-06-06	Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV08		Data:	01-06-06
COORDENADAS			285352 353983	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			285625 354504	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 200 mA	Min 20 mA						Corr	Mini	20 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	sdesv %	Corr.
1	1	0.3	9.56990	4.76	45.59817	0.00	20	1	1	0.3	31.852	4.76	151.77	0.10	50
2	1.5	0.3	3.15630	11.31	35.69691	0.00	50	2	1.5	0.3	10.068	11.31	113.87	0.10	50
3	2	0.3	1.44530	20.47	29.58921	0.00	50	3	2	0.3	3.859	20.47	79.00	0.10	50
4	3	0.3	0.50552	46.65	23.58385	0.00	200	4	3	0.3	0.713	46.65	33.27	0.10	50
5	4	0.3	0.24789	83.30	20.65037	0.20	50	5	4	0.3	0.176	83.30	14.67	0.10	50
6	4	1	0.78837	23.56	18.57553	0.00	50	6	4	1	0.800	23.56	18.85	0.10	20
7	5	1	0.44989	37.70	16.96045	0.10	50	6	5	1	0.245	37.70	9.24	0.10	20
8	8	1	0.15739	98.96	15.57534	0.10	200	7	8	1	0.027	98.96	2.65	1.1	20
9	10	1	0.09815	155.51	15.26257	0.20	100	8	10	1	0.013	155.51	1.98	1.90	50
10	15	1	0.04256	351.86	14.97474	0.80	50	9	15	1	0.005	351.86	1.91	18.10	20
11	15	3	0.12912	113.10	14.60313	0.50	50	10	15	2.5	0.010	137.44	1.36	7.60	20
12	20	3	0.07235	204.73	14.81139	0.20	100	11	20	2.5	0.007	247.40	1.82	8.60	20
13	25	3	0.04904	322.54	15.81721	0.30	100	12	25	2.5	0.005	388.77	1.88	0.20	50
14	30	3	0.03750	466.53	17.49568	0.20	200	13	30	2.5	0.005	561.56	2.58	14.10	20
15	40	3	0.026404	833.05	21.99574	0.10	200	15	40	2.5	0.004	1001.38	3.95	19.50	20
16	40	10	0.09373	235.62	22.08414	0.00	100	16	40	10	0.011	235.62	2.58	6.40	20
17	50	10	0.06959	376.99	26.23519	0.00	200	17	50	10	0.009	376.99	3.35	9.40	20
18	60	10	0.05567	549.78	30.60838	0.00	100	18	60	10	0.011	549.78	6.00	4.00	20
19	70	10	0.04417	753.98	33.30415	0.10	200	19	70	10	0.008	753.98	5.80	7.20	20
20	80	10	0.03545	989.60	35.07742	0.30	100	20	80	10	0.006	989.60	6.17	1.00	50
21	80	20	0.07570	471.24	35.67090	0.70	100	21	80	20	0.013	471.24	6.25	1.90	50
22	90	20	0.06298	604.76	38.08817	0.30	100	22	90	20	0.020	604.76	12.38	3.00	20
23	100	20	0.05321	753.98	40.12015	0.20	100	23							
24	110	20	0.04551	918.92	41.82354	0.2	100	24							

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV09		Data:		Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV10		Data:	
COORDENADAS			285720 355150	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			286305 355745	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 500 mA	Min 20 mA						Corr	Mini	5 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	sdesv %	Corr.
1	1	0.3	0.360	4.76	1.716	0.00	100	1	1	0.3	346.17 0	4.76	1649.413	0.00	10
2	1.5	0.3	0.115	11.31	1.297	0.00	500	2	1.5	0.3	157.73 0	11.31	1783.884	0.00	5
3	2	0.3	0.059	20.47	1.206	0.00	500	3	2	0.3	84.323	20.47	1726.321	0.00	10
4	3	0.3	0.025	46.65	1.167	0.10	100	4	3	0.3	29.348	46.65	1369.162	0.00	5
5	4	0.3	0.014	83.30	1.174	0.10	500	5	4	0.3	11.215	83.30	934.261	0.00	5
6	5	0.3	0.009	130.43	1.212	0.10	500	6	5	0.3	4.542	130.43	592.393	0.00	10
7	5	1	0.028	37.70	1.059	0.00	500	6	5	1	15.350	37.70	578.681	0.10	10
8	6	1	0.019	54.98	1.055	0.00	500	7	6	1	6.390	54.98	351.303	0.10	10
9	8	1	0.011	98.96	1.040	0.10	500	8	8	1	1.119	98.96	110.776	0.10	10
10	10	1	0.007	155.51	1.062	0.10	500	9	10	1	0.331	155.51	51.514	0.80	20
11	12	1	0.005	224.62	1.116	0.20	500	10	12	1	0.072	224.62	16.106	6.50	10
12	15	1	0.004	351.86	1.239	0.30	500	11	15	1	0.009	351.86	3.266	12.80	20
13	15	3	0.011	113.10	1.216	0.70	500	12	15	3	0.042	113.10	4.720	2.40	20
14	20	3	0.007	204.73	1.455	0.10	500	13	20	3	0.002	204.73	0.450	79.10	20
15	25	3	0.005	322.54	1.763	0.20	500	15	25	3	0.008	322.54	2.454	21.50	20
16	30	3	0.004	466.53	2.095	0.10	500	16	30	3	0.007	466.53	3.460	15.70	20
17	35	3	0.004	636.70	2.423	0.30	500	17	35	3	0.018	636.70	11.646	14.10	20
18	40	3	0.003	833.05	2.798	0.20	500	18	40	3	0.062	833.05	51.255	13.90	10
19	40	10	0.012	235.62	2.715	0.50	500	19	40	10	0.032	235.62	7.629	4.1	20
20	45	10	0.010	302.38	3.066	0.10	500	20	45	10	0.002	302.38	0.611	68.90	10
21	50	10	0.009	376.99	3.422	0.10	500	21	50	10	0.025	376.99	9.591	8.30	10
22	60	10	0.007	549.78	4.119	0.10	500	22	60	10	0.017	549.78	9.400	6.00	20
23	70	10	0.005	753.98	4.060	0.80	100	23	70	10	0.000	753.98	0.219	662.70	20
24	80	10	0.003	989.60	3.403	7.50	50	24	80	10	0.008	989.60	8.094	13.20	20
25	80	30	0.011	287.98	3.119	6.30	20	25	80	30	0.017	287.98	4.962	14.40	20
26	90	30	0.006	376.99	2.354	16.40	20	26	90	30	0.051	376.99	19.398	17.90	20
27	100	30	0.008	476.47	4.023	14.20	20								
28	110	30	0.012	586.43	7.068	0.10	500								

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV11		Data:		Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV12		Data:	
COORDENADAS			286105 356120	SCHLUMBERGER				COORDENADAS			286470 356300	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 200 mA	Min 20 mA						Corr	Mini	20 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.	Ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	Máxi sdesv %	200 mA
1	1	0.3	21.984	4.76	104.75	0.1	200	1	1	0.3	8.856	4.76	42.20	0.10	200
2	1.5	0.3	8.627	11.31	97.57	0.0	50	2	1.5	0.3	2.734	11.31	30.92	0.00	200
3	2	0.3	3.335	20.47	68.27	0.0	100	3	2	0.3	1.366	20.47	27.96	0.00	100
4	3	0.3	0.956	46.65	44.58	0.0	50	4	3	0.3	0.585	46.65	27.29	0.00	100
5	4	0.3	0.348	83.30	28.98	0.0	100	5	4	0.3	0.291	83.30	24.27	0.00	100
6	5	0.3	0.264	130.43	34.44	0.1	20	6	5	0.3	0.172	130.43	22.44	0.00	100
7	5	1	0.794	37.70	29.94	0.1	20	6	5	1	0.535	37.70	20.18	0.00	200
8	6	1	0.495	54.98	27.21	0.0	50	7	6	1	0.345	54.98	18.97	0.00	200
9	8	1	0.247	98.96	24.40	0.0	50	8	8	1	0.177	98.96	17.53	0.10	100
10	10	1	0.142	155.51	22.05	0.1	50	9	10	1	0.108	155.51	16.79	0.20	100
11	12	1	0.089	224.62	20.04	0.0	100	10	12	1	0.072	224.62	16.26	0.10	100
12	15	1	0.051	351.86	18.06	0.2	100	11	15	1	0.045	351.86	15.68	0.20	100
13	15	3	0.159	113.10	17.93	0.1	100	12	15	3	0.135	113.10	15.32	0.10	100
14	20	3	0.085	204.73	17.47	0.4	50	13	20	3	0.076	204.73	15.50	1.10	50
15	25	3	0.056	322.54	17.95	0.0	100	15	23	3	0.060	272.27	16.30	0.40	50
16	30	3	0.042	466.53	19.52	0.1	200	16	32	3	0.038	531.45	20.25	0.10	100
17	35	3	0.033	636.70	21.32	0.5	50	17	35	3	0.034	636.70	21.49	0.10	100
18	40	3	0.007	833.05	5.49	13.0	20	18	40	3	0.029	833.05	24.36	0.30	50
19	40	10	0.081	235.62	19.15	1.1	20	19	40	10	0.100	235.62	23.46	4.90	50
20	50	10	0.070	376.99	26.25	0.4	50	20	45	10	0.087	302.38	26.25	0.00	100
21	60	10	0.056	549.78	30.83	0.2	50	21	50	10	0.077	376.99	29.11	0.00	100
22	70	10	0.048	753.98	36.24	0.3	50	22	60	10	0.066	549.78	36.46	1.80	50
23	80	10	0.027	989.60	26.46	2.0	20	23	70	10	0.060	753.98	44.88	0.50	20
24	90	30	0.037	376.99	14.04	0.0	200	24	80	10	0.045	989.60	44.23	0.10	100
25	100	30	0.034	476.47	16.35	0.1	200	25	80	32	0.159	263.89	41.95	0.10	200

Projeto:	P. Panamá		SEV:	SEV13		Data:	
COORDENADAS			286105 356120	SCHLUMBERGER			
					Corr.	Máxi 200 mA	Min 20 mA
ponto	AB/2 (m)	MN/2 (m)	R (ohm)	k	pa (ohmm)	SDEV %	Corr.
1	1	0.5	79.37	2.36	187.00	0.00	50
2	2	0.5	16.26	11.78	191.52	0.00	50
3	3	0.5	7.63	27.49	209.78	0.00	50
4	4	0.5	4.21	49.48	208.24	0.00	100
5	5	0.5	2.76	77.75	214.83	0.00	100
6	5	1	5.54	37.70	208.76	0.00	100
7	6	1	3.65	54.98	200.78	0.00	100
8	8	1	1.87	98.96	184.58	0.00	100
9	10	1	1.05	155.51	163.39	0.00	50
10	12	1	0.66	224.62	148.09	0.00	100
11	15	1	0.35	351.86	124.09	0.00	100
12	15	4	1.47	82.07	120.44	sd	sd
13	20	4	0.61	150.80	92.61	sd	sd
14	25	4	0.32	239.15	77.13	sd	sd
15	30	4	0.20	347.15	68.81	sd	sd
16	35	4	0.13	474.77	62.48	sd	sd
17	40	4	0.11	622.04	70.03	0.60	20
18	40	10	0.30	235.62	70.14	0.60	20
19	45	10	0.24	302.38	71.33	0.10	20
20	50	10	0.21	376.99	78.57	0.40	20
21	60	10	0.21	549.78	114.60	0.20	50
22	70	10	0.17	753.98	127.69	0.30	50
23	80	10	0.13	989.60	125.80	0.20	100
24	80	30	0.32	287.98	91.98	0.10	100
25	90	30	0.27	376.99	100.01	0.10	100
26							
27							
28							

Proyecto:	P. Panamá		PERFIL	CE		Data	15/02/2006	
COORDENADAS	285958	355619		WENNER				

Prof. (m)	a/2	raiz a	Distância (m)	guia	Resistência	a	p apar.	sdesv %	Corr.
					ohm				Ma
-2	-1	-1.41	0		2.061	2	25.89		
-2	-1	-1.41	20		14.911	2	187.38		
-2	-1	-1.41	26	0	10.557	2	132.66	0.1	
-2	-1	-1.41	28	2	14.194	2	178.37	0.0	
-2	-1	-1.41	30	4	9.280	2	116.61	0.1	
-2	-1	-1.41	32	6	7.122	2	89.49	0.0	
-2	-1	-1.41	34	8	5.128	2	64.45	0.0	
-2	-1	-1.41	36	10	4.407	2	55.39	0.0	
-2	-1	-1.41	38	12	3.146	2	39.54	0.0	
-2	-1	-1.41	40	14	3.192	2	40.11	0.0	
-2	-1	-1.41	42	16	2.717	2	34.14	0.0	
-2	-1	-1.41	44	18	2.827	2	35.52	0.0	
-2	-1	-1.41	46	20	3.156	2	39.66	0.0	
-2	-1	-1.41	48	22	3.400	2	42.73	0.0	
-2	-1	-1.41	50	24	3.199	2	40.20	0.0	
-2	-1	-1.41	52	26	3.410	2	42.85	0.0	
-2	-1	-1.41	54	28	3.053	2	38.37	0.0	
-2	-1	-1.41	56	30	3.038	2	38.18	0.0	
-2	-1	-1.41	58	32	2.935	2	36.88	0.0	
-2	-1	-1.41	60	34	3.281	2	41.23	0.0	
-2	-1	-1.41	62	36	4.563	2	57.34	0.0	
-2	-1	-1.41	64	38	4.872	2	61.22	0.0	
-2	-1	-1.41	66	40	5.557	2	69.83	0.0	
-2	-1	-1.41	68	42	5.906	2	74.22	0.0	
-2	-1	-1.41	70	44	6.822	2	85.73	0.0	
-2	-1	-1.41	72	46	6.619	2	83.18	0.0	
-2	-1	-1.41	74	48	6.501	2	81.69	0.0	
-2	-1	-1.41	76	50	6.871	2	86.34	0.0	
-2	-1	-1.41	78	52	5.027	2	63.17	0.0	
-2	-1	-1.41	80	54	6.577	2	82.64	0.0	
-2	-1	-1.41	82	56	4.449	2	55.91	0.0	
-2	-1	-1.41	84	58	4.494	2	56.47	0.0	
-2	-1	-1.41	86	60	4.097	2	51.48	0.0	
-2	-1	-1.41	88	62	4.375	2	54.98	0.0	
-2	-1	-1.41	90	64	4.056	2	50.97	0.0	
-2	-1	-1.41	92	66	4.522	2	56.83	0.0	
-2	-1	-1.41	94	68	4.412	2	55.44	0.0	
-2	-1	-1.41	96	70	4.357	2	54.75	0.0	
-2	-1	-1.41	98	72	4.557	2	57.26	0.0	
-2	-1	-1.41	100	74	4.439	2	55.78	0.0	
-2	-1	-1.41	102	76	4.242	2	53.31	0.0	
-2	-1	-1.41	104	78	3.589	2	45.10	0.0	
-2	-1	-1.41	106	80	3.348	2	42.07	0.0	
-2	-1	-1.41	108	82	2.802	2	35.20	0.0	
-2	-1	-1.41	110	84	2.961	2	37.21	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	112	86	2.873	2	36.10	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	114	88	3.087	2	38.79	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	116	90	2.924	2	36.74	20.5	200.0
-2	-1	-1.41	118	92	3.124	2	39.26	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	120	94	3.353	2	42.13	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	122	96	2.927	2	36.78	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	124	98	2.236	2	28.10	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	126	100	1.892	2	23.77	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	128	102	1.834	2	23.05	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	130	104	1.876	2	23.57	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	132	106	1.926	2	24.20	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	134	108	1.895	2	23.82	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	136	110	2.024	2	25.44	0.1	500.0
-2	-1	-1.41	138	112	1.799	2	22.61	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	140	114	1.657	2	20.82	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	142	116	1.636	2	20.56	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	144	118	1.670	2	20.99	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	146	120	1.890	2	23.75	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	148	122	1.037	2	13.03	0.3	20.0
-2	-1	-1.41	150	124	1.686	2	21.18	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	152	126	0.761	2	9.56	7.0	500.0
-2	-1	-1.41	154	128	1.484	2	18.65	4.8	500.0
-2	-1	-1.41	156	130	1.040	2	13.07	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	158	132	2.242	2	28.17	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	160	134	2.504	2	31.47	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	162	136	2.564	2	32.21	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	164	138	2.905	2	36.51	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	166	140	2.848	2	35.79	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	168	142	2.431	2	30.55	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	170	144	2.453	2	30.82	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	172	146	2.178	2	27.37	0.0	500.0

-2	-1	-1.41	174	148	2.152	2	27.05	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	176	150	2.172	2	27.29	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	178	152	2.099	2	26.37	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	180	154	2.114	2	26.56	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	182	156	2.032	2	25.53	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	184	158	1.989	2	24.99	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	186	160	2.130	2	26.76	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	188	162	2.071	2	26.02	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	190	164	2.345	2	29.46	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	192	166	2.418	2	30.39	0.0	500.0
-2	-1	-1.41	194	168	2.508	2	31.52	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	196	170	2.566	2	32.25	0.0	200.0
-2	-1	-1.41	198	172	2.441	2	30.67	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	200	174	2.276	2	28.60	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	202	176	1.796	2	22.56	0.0	100.0
-2	-1	-1.41	204	178	1.678	2	21.08	0.0	50.0
-4	-2	-2.00	0		0.143	4	3.59		
-4	-2	-2.00	20		2.289	4	57.53		
-4	-2	-2.00	29	12	1.726	4	43.38	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	31	14	1.986	4	49.90	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	33	16	1.992	4	50.07	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	35	18	1.766	4	44.37	0.1	100.0
-4	-2	-2.00	37	20	1.274	4	32.02	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	39	22	1.097	4	27.58	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	41	24	1.066	4	26.80	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	43	26	0.877	4	22.05	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	45	28	0.796	4	20.00	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	47	30	0.791	4	19.87	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	49	32	0.833	4	20.93	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	51	34	0.851	4	21.38	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	53	36	0.895	4	22.49	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	55	38	0.908	4	22.82	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	57	40	1.025	4	25.77	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	59	42	1.478	4	37.15	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	61	44	2.184	4	54.89	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	63	46	2.452	4	61.63	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	65	48	2.298	4	57.75	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	67	50	2.500	4	62.82	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	69	52	3.177	4	79.85	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	71	54	3.328	4	83.64	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	73	56	3.186	4	80.06	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	75	58	2.550	4	64.09	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	77	60	2.546	4	63.98	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	79	62	2.764	4	69.47	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	81	64	2.875	4	72.26	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	83	66	2.121	4	53.30	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	85	68	2.100	4	52.78	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	87	70	2.467	4	62.00	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	89	72	2.601	4	65.38	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	91	74	2.624	4	65.96	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	93	76	2.573	4	64.67	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	95	78	2.344	4	58.90	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	97	80	2.252	4	56.60	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	99	82	2.336	4	58.72	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	101	84	2.202	4	55.34	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	103	86	1.875	4	47.13	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	105	88	1.682	4	42.27	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	107	90	1.500	4	37.69	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	109	92	1.389	4	34.91	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	111	94	1.333	4	33.50	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	113	96	1.377	4	34.61	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	115	98	1.240	4	31.17	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	117	100	1.168	4	29.35	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	119	102	1.075	4	27.02	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	121	104	1.067	4	26.81	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	123	106	0.954	4	23.97	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	125	108	0.892	4	22.42	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	127	110	0.804	4	20.21	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	129	112	0.723	4	18.16	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	131	114	0.677	4	17.00	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	133	116	0.661	4	16.60	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	135	118	0.657	4	16.51	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	137	120	0.719	4	18.06	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	139	122	0.708	4	17.80	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	141	124	0.617	4	15.51	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	143	126	0.586	4	14.73	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	145	128	0.668	4	16.80	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	147	130	0.661	4	16.61	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	149	132	0.612	4	15.39	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	151	134	0.619	4	15.55	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	153	136	0.666	4	16.75	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	155	138	0.706	4	17.75	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	157	140	0.708	4	17.79	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	159	142	0.722	4	18.16	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	161	144	0.751	4	18.87	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	163	146	0.815	4	20.49	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	165	148	0.781	4	19.64	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	167	150	0.781	4	19.62	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	169	152	0.816	4	20.50	0.0	500.0

-4	-2	-2.00	171	154	0.785	4	19.74	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	173	156	0.748	4	18.79	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	175	158	0.746	4	18.75	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	177	160	0.737	4	18.53	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	179	162	0.706	4	17.75	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	181	164	0.724	4	18.18	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	183	166	0.721	4	18.13	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	185	168	0.721	4	18.13	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	187	170	0.751	4	18.88	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	189	172	0.783	4	19.67	0.0	500.0
-4	-2	-2.00	191	174	0.785	4	19.74	0.0	200.0
-4	-2	-2.00	193	176	0.769	4	19.32	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	195	178	0.772	4	19.39	0.1	100.0
-4	-2	-2.00	197	180	0.769	4	19.33	0.2	100.0
-4	-2	-2.00	199	182	0.735	4	18.47	0.0	100.0
-4	-2	-2.00	201	184	0.644	4	16.18	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	0		0.002	8	0.09		
-8	-4	-2.83	20		0.294	8	14.77		
-8	-4	-2.83	35	0	0.276	8	13.85	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	37	2	0.321	8	16.16	0.0	200.0
-8	-4	-2.83	39	4	0.333	8	16.75	0.1	50.0
-8	-4	-2.83	41	6	0.318	8	15.97	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	43	8	2.293	8	115.24	0.4	100.0
-8	-4	-2.83	45	10	0.251	8	12.62	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	47	12	0.261	8	13.12	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	49	14	0.312	8	15.68	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	51	16	0.348	8	17.50	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	53	18	0.367	8	18.45	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	55	20	0.392	8	19.69	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	57	22	0.481	8	24.16	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	59	24	0.481	8	24.19	0.2	200.0
-8	-4	-2.83	61	26	0.600	8	30.18	0.0	100.0
-8	-4	-2.83	63	28	0.532	8	26.75	0.2	100.0
-8	-4	-2.83	65	30	0.481	8	24.17	0.0	200.0
-8	-4	-2.83	67	32	0.515	8	25.88	0.0	200.0
-8	-4	-2.83	69	34	0.456	8	22.94	0.4	100.0
-8	-4	-2.83	71	36	0.481	8	24.16	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	73	38	0.587	8	29.50	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	75	40	0.723	8	36.35	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	77	42	0.842	8	42.34	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	79	44	0.824	8	41.44	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	81	46	0.752	8	37.82	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	83	48	0.760	8	38.21	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	85	50	0.694	8	34.88	0.2	100.0
-8	-4	-2.83	87	52	0.682	8	34.29	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	89	54	0.671	8	33.74	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	91	56	0.631	8	31.72	0.0	200.0
-8	-4	-2.83	93	58	0.667	8	33.50	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	95	60	0.709	8	35.65	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	97	62	0.721	8	36.22	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	99	64	0.729	8	36.64	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	101	66	0.735	8	36.95	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	103	68	0.700	8	35.20	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	105	70	0.632	8	31.77	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	107	72	0.551	8	27.70	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	109	74	0.491	8	24.67	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	111	76	0.466	8	23.42	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	113	78	0.464	8	23.31	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	115	80	0.475	8	23.86	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	117	82	0.448	8	22.53	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	119	84	0.422	8	21.20	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	121	86	0.389	8	19.58	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	123	88	0.373	8	18.76	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	125	90	0.349	8	17.55	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	127	92	0.320	8	16.11	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	129	94	0.306	8	15.38	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	131	96	0.310	8	15.57	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	133	98	0.310	8	15.56	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	135	100	0.343	8	17.22	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	137	102	0.348	8	17.47	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	139	104	0.336	8	16.90	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	141	106	0.325	8	16.34	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	143	108	0.293	8	14.73	0.7	500.0
-8	-4	-2.83	145	110	0.284	8	14.28	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	147	112	0.292	8	14.67	9.7	100.0
-8	-4	-2.83	149	114	0.279	8	14.04	0.5	500.0
-8	-4	-2.83	151	116	0.283	8	14.22	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	153	118	0.281	8	14.15	0.0	200.0
-8	-4	-2.83	155	120	0.291	8	14.62	0.3	500.0
-8	-4	-2.83	157	122	0.288	8	14.46	0.8	200.0
-8	-4	-2.83	159	124	0.292	8	14.66	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	161	126	0.295	8	14.84	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	163	128	0.284	8	14.29	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	165	130	0.281	8	14.12	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	167	132	0.274	8	13.78	0.0	500.0
-8	-4	-2.83	169	134	0.260	8	13.06	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	171	136	0.258	8	12.98	0.4	500.0
-8	-4	-2.83	173	138	0.256	8	12.88	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	175	140	0.247	8	12.43	0.1	200.0

-8	-4	-2.83	177	142	0.254	8	12.76	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	179	144	0.256	8	12.85	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	181	146	0.254	8	12.79	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	183	148	0.263	8	13.23	1.4	500.0
-8	-4	-2.83	185	150	0.259	8	13.01	0.1	500.0
-8	-4	-2.83	187	152	0.245	8	12.31	0.5	100.0
-8	-4	-2.83	189	154	0.240	8	12.08	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	191	156	0.239	8	12.04	2.4	200.0
-8	-4	-2.83	193	158	0.250	8	12.55	0.1	100.0
-8	-4	-2.83	195	160	0.255	8	12.80	0.7	100.0
-16	-8	-4.00	0		0.010	16	0.98		
-16	-8	-4.00	20		0.087	16	8.78		
-16	-8	-4.00	47	48	0.055	16	5.52	0.2	100.0
-16	-8	-4.00	51	52	0.108	16	10.89	0.3	50.0
-16	-8	-4.00	55	56	0.127	16	12.78	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	59	60	0.135	16	13.60	0.0	100.0
-16	-8	-4.00	63	64	0.140	16	14.03	0.0	500.0
-16	-8	-4.00	67	68	0.141	16	14.22	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	71	72	0.143	16	14.37	0.2	100.0
-16	-8	-4.00	75	76	0.152	16	15.30	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	79	80	0.148	16	14.84	0.1	200.0
-16	-8	-4.00	83	84	0.143	16	14.36	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	87	88	0.140	16	14.07	0.2	500.0
-16	-8	-4.00	91	92	0.161	16	16.21	0.1	500.0
-16	-8	-4.00	95	96	0.170	16	17.09	0.0	100.0
-16	-8	-4.00	99	100	0.170	16	17.09	0.0	500.0
-16	-8	-4.00	103	104	0.167	16	16.76	1.0	100.0
-16	-8	-4.00	107	108	0.178	16	17.94	0.1	500.0
-16	-8	-4.00	111	112	0.172	16	17.25	0.7	100.0
-16	-8	-4.00	115	116	0.163	16	16.35	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	119	120	0.170	16	17.07	0.0	500.0
-16	-8	-4.00	123	124	0.165	16	16.62	0.0	500.0
-16	-8	-4.00	127	128	0.168	16	16.88	0.2	500.0
-16	-8	-4.00	131	132	0.171	16	17.15	0.2	500.0
-16	-8	-4.00	135	136	0.167	16	16.77	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	139	140	0.166	16	16.67	0.1	500.0
-16	-8	-4.00	143	144	0.162	16	16.26	0.2	500.0
-16	-8	-4.00	147	148	0.147	16	14.81	0.2	500.0
-16	-8	-4.00	151	152	0.146	16	14.70	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	155	156	0.150	16	15.05	0.1	500.0
-16	-8	-4.00	159	160	0.177	16	17.76	0.0	100.0
-16	-8	-4.00	163	164	0.187	16	18.77	0.4	200.0
-16	-8	-4.00	167	168	0.155	16	15.57	0.3	500.0
-16	-8	-4.00	171	172	0.149	16	15.02	0.5	200.0
-16	-8	-4.00	175	176	0.141	16	14.16	0.0	100.0
-16	-8	-4.00	179	180	0.131	16	13.22	0.1	100.0
-16	-8	-4.00	183	184	0.133	16	13.35	0.1	200.0
-32	-16	-5.66	0		0.003	32	0.52		
-32	-16	-5.66	20		0.046	32	9.27		
-32	-16	-5.66	71	0	0.063	32	12.58	0.2	100.0
-32	-16	-5.66	75	4	0.071	32	14.26	0.2	100.0
-32	-16	-5.66	79	8	0.075	32	15.16	0.1	500.0
-32	-16	-5.66	83	12	0.078	32	15.70	0.1	200.0
-32	-16	-5.66	87	16	0.083	32	16.60	0.1	100.0
-32	-16	-5.66	91	20	0.080	32	16.08	0.1	100.0
-32	-16	-5.66	95	24	0.081	32	16.21	0.1	100.0
-32	-16	-5.66	99	28	0.085	32	17.13	0.1	200.0
-32	-16	-5.66	103	32	0.086	32	17.22	0.0	100.0
-32	-16	-5.66	107	36	0.084	32	16.94	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	111	40	0.083	32	16.75	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	115	44	0.081	32	16.31	0.1	500.0
-32	-16	-5.66	119	48	0.083	32	16.60	0.1	500.0
-32	-16	-5.66	123	52	0.083	32	16.60	0.1	500.0
-32	-16	-5.66	127	56	0.083	32	16.74	0.1	500.0
-32	-16	-5.66	131	60	0.084	32	16.85	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	135	64	0.084	32	16.82	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	139	68	0.085	32	17.02	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	143	72	0.088	32	17.68	0.0	500.0
-32	-16	-5.66	147	76	0.092	32	18.47	0.2	200.0
-32	-16	-5.66	151	80	0.101	32	20.39	0.1	200.0
-32	-16	-5.66	155	84	0.096	32	19.27	0.1	100.0
-32	-16	-5.66	159	88	0.095	32	19.04	0.2	100.0
-32	-16	-5.66	163	92	0.953	32	191.65	0.3	100.0
-64	-32	-8.00	116		0.047	64	18.96	0.3	50.0

ANEXO I

DADOS METEOROLÓGICOS

Estação P.PANAMÁ Latitude 10° 35' N
 N° 72114 Longitude 85° 40' W
 Altitude 3 m.s.n.m

ANO	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
1977	sd	sd	sd	0.2	223	138.7	29.4	131.2	334.4	169.9	90.1	2.9	1120
1978	0.1	0	0.1	0	413	139.1	259.1	167.5	204.8	318.9	10.3	37.4	1550
1979	0	0	0	29.5	232	957.7	132.3	284.3	834.6	561.6	153	9.3	3194
1980	1	0	28	6.3	139	177.6	110.3	271.2	273.9	307.2	147	0.2	1462
1981	0	0	0	32.7	415	799.6	77.4	411.3	231.9	316.9	78	23.5	2386
Total	1.1	0	28.1	68.7	1422	2213	608.5	1266	1880	1675	479	73.3	9712
PROM.	0.3	0.0	7.0	13.7	284.3	442.5	121.7	253.1	375.9	334.9	95.7	14.7	1943.9

Estação LIBERIA Lat. 10° 36' N
 N° 74020 Lon. 85° 32' W
 85
 Altitude m.s.n.m

Elemento	Período	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Anual
Chuva (mm)	1971-2002	1.3	1.8	4.9	18.2	198.1	246.8	149.3	205.1	361	314	101	10.6	1611.7
Temp. Máx (°C)	1973-2002	33.4	34.3	35.4	35.9	34.1	32.1	32.1	32.1	31.2	31.1	31.7	32.6	33.0
Temp. Min (°C)	1973-2002	20.7	21.3	21.6	22.8	23.4	23.1	22.8	22.6	22.3	22.2	21.5	21.1	22.1
Temp. Med (°C)	1973-2002	26.5	27.5	28.5	28.9	27.8	26.8	26.9	27	26.8	26.4	26.1	26	27.1
Brilho Solar (hrs)	1976-2002	9.6	9.8	9.7	8.9	6.8	5.7	6	5.9	5.2	5.7	6.8	8.3	7.4
Radiação	1974-2002	16.4	18.2	18.5	18.1	16.8	14.6	15.3	15.3	13.9	12.7	13.3	12.4	15.5
Humidade (%)	1975-2002	68	63	62	65	73	85	81	83	87	87	81	73	75.7
Vento (km/h)	1974-2002	17.9	20.2	18.1	15.6	10	7.6	10.1	8.6	6.5	6.2	8.1	13.3	11.9
Presão (Hpas)	1974-2002	1001	1000.6	1000	1000	1000	1001	1001	1001	1001	1001	1001	1002	1000.9
Evaporação (mm)	1976-1995	9.2	9.2	9.7	9.3	7.3	4.6	5.9	5.5	4.6	4.5	4.6	7	6.8

ANEXO II ENSAIOS GEOTÉCNICOS

DETERMINACION DEL PESO UNITARIO LABORATORIO DE GEOTECNIA ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Muestra : PM-1
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	36.90
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	39.41
Peso de parafina [g]:	2.51
Volumen de parafina [cm ³]:	2.79
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	13.10
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	20.31
Volumen de suelo [cm ³]:	23.52

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 15.39
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 12.73

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	62.44
Peso suelo seco + recipiente [g]:	55.10
Peso del recipiente [g]:	19.93
Peso del agua [g]:	7.34
Peso del suelo seco [g]:	35.17

Contenido de humedad [%]: 20.87
Gravedad específica: 2.68

Muestra : PM-2
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	39.97
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	43.66
Peso de parafina [g]:	3.69
Volumen de parafina [cm ³]:	4.10
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	16.81
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	26.85
Volumen de suelo [cm ³]:	22.75

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 17.23
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 14.57

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	55.83
Peso suelo seco + recipiente [g]:	49.86
Peso del recipiente [g]:	17.11
Peso del agua [g]:	5.97
Peso del suelo seco [g]:	32.75

Contenido de humedad [%]: 18.23
Gravedad específica: 2.63

Muestra : PM-3
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	36.34
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	40.30
Peso de parafina [g]:	3.96
Volumen de parafina [cm ³]:	4.40
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	11.00
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	26.50
Volumen de suelo [cm ³]:	24.10

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 14.79
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 11.57

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	71.79
Peso suelo seco + recipiente [g]:	60.13
Peso del recipiente [g]:	18.23
Peso del agua [g]:	11.66
Peso del suelo seco [g]:	41.90

Contenido de humedad [%]: 27.83
Gravedad específica: 2.68

Muestra : PM-4
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	38.26
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	43.12
Peso de parafina [g]:	4.86
Volumen de parafina [cm ³]:	5.40
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	14.00
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	28.12
Volumen de suelo [cm ³]:	23.72

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 15.82
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 13.66

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	43.12
Peso suelo seco + recipiente [g]:	39.08
Peso del recipiente [g]:	13.46
Peso del agua [g]:	4.04
Peso del suelo seco [g]:	25.62

Contenido de humedad [%]: 15.77
Gravedad específica: 2.66

Muestra : PM-5
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	44.48
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	48.86
Peso de parafina [g]:	4.40
Volumen de parafina [cm ³]:	4.89
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	18.00
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	28.84
Volumen de suelo [cm ³]:	25.97

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 16.79
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 14.39

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	64.51
Peso suelo seco + recipiente [g]:	57.62
Peso del recipiente [g]:	15.80
Peso del agua [g]:	6.99
Peso del suelo seco [g]:	41.92

Contenido de humedad [%]: 16.67
Gravedad específica: 2.64

Muestra : PM-6
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	35.03
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	38.20
Peso de parafina [g]:	3.17
Volumen de parafina [cm ³]:	3.52
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	9.56
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	28.54
Volumen de suelo [cm ³]:	25.12

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 13.68
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 11.53

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	63.67
Peso suelo seco + recipiente [g]:	58.54
Peso del recipiente [g]:	18.30
Peso del agua [g]:	7.13
Peso del suelo seco [g]:	38.24

Contenido de humedad [%]: 18.65
Gravedad específica: 2.66

Muestra : PM-7
Proyecto: Tesis
Localiz.: Playa Panamá

Prof. [m]
Fecha: 19/05/06
Perfor.: Perfor.

Peso unitario

Peso del suelo húmedo [g]:	45.04
Peso del suelo + peso de parafina [g]:	47.04
Peso de parafina [g]:	2.00
Volumen de parafina [cm ³]:	2.22
Peso sumergido de parafina y suelo [g]:	14.72
Volumen de suelo + parafina [cm ³]:	32.32
Volumen de suelo [cm ³]:	30.10

Peso unitario húmedo del suelo [kN/m³]: 14.08
Peso unitario seco del suelo [kN/m³]: 12.34

Contenido de humedad

Peso suelo húmedo + recipiente [g]:	64.04
Peso suelo seco + recipiente [g]:	55.80
Peso del recipiente [g]:	12.34
Peso del agua [g]:	8.24
Peso del suelo seco [g]:	43.56

Contenido de humedad [%]: 18.92
Gravedad específica: 2.67

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseño R. Mora) LABORATORIO DE GEOTECNIA ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Tesis
Localización: Playa Panamá
Descripción: JAL & PMCH
Observación: Via húmeda

Perforación: PM-2
Muestra: Profundidad: 385.84
Fecha: 19/05/06
Peso seco [g]: 385.84

Tamaño No.	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	100.00
10	2.000	0.00	0.00	100.00
20	0.850	17.42	4.51	95.49
30	0.600	0.00	0.00	95.49
40	0.425	12.96	3.36	91.13
60	0.300	0.00	0.00	91.13
80	0.250	18.26	4.73	87.28
100	0.180	81.67	21.14	78.86
200	0.075	31.68	8.19	68.10
270	0.063	0.00	0.00	68.10
325	0.045	0.00	0.00	68.10
FONDO		385.84	100.00	

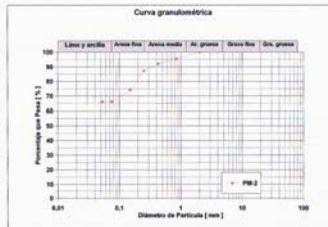
Pérdida de material [g]: 0.00
Pérdida de material [%]: 0.00

Porcentaje de grava: 0.00
Porcentaje de arena gruesa: 0.00
Porcentaje de arena media: 7.87
Porcentaje de arena fina: 26.02
Porcentaje de limo: 86.13
Porcentaje de arcilla: 100.00

Coef. de uniformidad, Cu: 2.51
Coef. de concavidad, Cc: 0.68
Límite líquido (w_L[%]): 71.79
Límite plástico (w_P[%]): 32.7
Índice de plasticidad: 39.09

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Limo arcilloso, de plasticidad Baja (ML)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseño R. Mora) LABORATORIO DE GEOTECNIA ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Tesis
Localización: Playa Panamá
Descripción: JAL & PMCH
Observación: Via húmeda

Perforación: PM-3
Muestra: Profundidad: 380.10
Fecha: 19/05/06
Peso seco [g]: 380.10

Tamaño No.	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	100.00
10	2.000	9.53	2.51	97.49
20	0.850	12.08	3.18	96.82
30	0.600	0.00	0.00	96.82
40	0.425	0.38	0.10	96.72
60	0.300	6.49	1.71	95.01
80	0.250	0.00	0.00	95.01
100	0.180	18.14	4.77	95.23
200	0.075	13.18	3.47	91.76
270	0.063	0.00	0.00	91.76
325	0.045	0.00	0.00	91.76
FONDO		380.10	100.00	

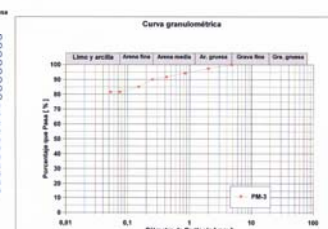
Pérdida de material [g]: 0.00
Pérdida de material [%]: 0.00

Porcentaje de grava: 0.00
Porcentaje de arena gruesa: 2.51
Porcentaje de arena media: 5.70
Porcentaje de arena fina: 10.10
Porcentaje de limo: 81.69
Porcentaje de arcilla: 100.00

Coef. de uniformidad, Cu: 2.51
Coef. de concavidad, Cc: 0.68
Límite líquido (w_L[%]): 71.79
Límite plástico (w_P[%]): 32.7
Índice de plasticidad: 39.09

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Arcilla gruesa con arena, de plasticidad Alta (MH)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Tesis
 Localización: Playa Panamá
 Descripción:
 Realizado por: JAS & RMCH
 Observación: Vía húmeda

Perforación: PM-4
 Muestra:
 Profundidad: 190506
 Fecha:
 Peso mc. [g]: 443.44

Tamaño No.	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
4	4.750	18.61	4.22	95.78
10	2.000	26.13	5.87	94.13
30	0.850	33.48	7.55	92.45
40	0.825	23.95	5.40	94.60
50	0.300	0.00	0.00	100.00
60	0.250	22.90	5.16	94.84
80	0.180	33.14	7.47	92.53
100	0.150	22.40	5.05	94.95
200	0.075	22.40	5.05	94.95
270	0.063	0.00	0.00	100.00
325	0.045	0.00	0.00	100.00
FONDO		259.93	58.37	
		443.44	100.00	

Pérdida de material [g]: -0.00 D60 [mm]:
 Pérdida de material [%]: -0.00 D30 [mm]:
 D10 [mm]:

Porcentaje de grava: 4.42 Coef. de uniformidad, Cu:
 Porcentaje de arena gruesa: 5.37 Coef. de concavidad, Cc:
 Porcentaje de arena media: 12.85 Límite líquido (w_L): 40.1
 Porcentaje de arena fina: 83.37 Límite plástico (w_P): 20.0
 Porcentaje de finos: 100.00 Índice de plasticidad: 20.1

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Arzila delgada arenosa, de plasticidad intermedia (CI)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Tesis
 Localización: Playa Panamá
 Descripción:
 Realizado por: JAS & RMCH
 Observación: Vía húmeda

Perforación: PM-5
 Muestra:
 Profundidad: 190506
 Fecha:
 Peso mc. [g]: 418.05

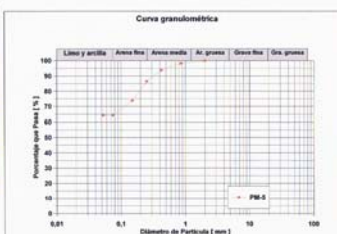
Tamaño No.	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
4	4.750	0.00	0.00	100.00
10	2.000	7.37	1.77	98.23
30	0.850	18.06	4.34	95.66
40	0.825	0.00	0.00	100.00
50	0.300	0.00	0.00	100.00
60	0.250	30.78	7.40	92.60
80	0.180	0.00	0.00	100.00
100	0.150	52.88	12.68	87.32
200	0.075	39.77	9.56	90.44
270	0.063	0.00	0.00	100.00
325	0.045	0.00	0.00	100.00
FONDO		257.29	61.27	
		418.05	100.00	

Pérdida de material [g]: 0.00 D60 [mm]:
 Pérdida de material [%]: 0.00 D30 [mm]:
 D10 [mm]:

Porcentaje de grava: 0.00 Coef. de uniformidad, Cu:
 Porcentaje de arena gruesa: 0.00 Coef. de concavidad, Cc:
 Porcentaje de arena media: 5.11 Límite líquido (w_L): 27.3
 Porcentaje de arena fina: 29.62 Límite plástico (w_P): 17.0
 Porcentaje de finos: 100.00 Índice de plasticidad: 20.3

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Arzila delgada arenosa, de plasticidad intermedia (CI)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO-MECÁNICO (diseño R. Mora)
LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

Proyecto: Tesis
 Localización: Playa Panamá
 Descripción:
 Realizado por: JAS & RMCH
 Observación: Vía húmeda

Perforación: PM-7
 Muestra:
 Profundidad: 190506
 Fecha:
 Peso mc. [g]: 383.43

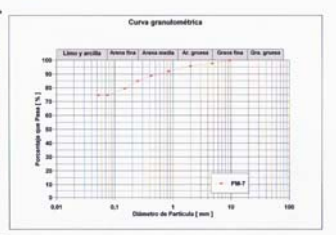
Tamaño No.	Diámetro [mm]	Peso retenido [g]	% retenido	% que pasa
2"	50.800	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	100.00
1 1/4"	31.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	100.00
4	4.750	9.08	2.38	97.62
10	2.000	7.54	1.96	98.04
30	0.850	14.34	3.74	96.26
40	0.825	12.95	3.38	96.62
50	0.300	0.00	0.00	100.00
60	0.250	14.36	3.75	96.25
80	0.180	20.86	5.44	94.56
100	0.150	20.86	5.44	94.56
200	0.075	18.87	4.92	95.08
270	0.063	0.00	0.00	100.00
325	0.045	0.00	0.00	100.00
FONDO		288.61	75.25	
		383.43	100.00	

Pérdida de material [g]: 0.00 D60 [mm]:
 Pérdida de material [%]: 0.00 D30 [mm]:
 D10 [mm]:

Porcentaje de grava: 2.38 Coef. de uniformidad, Cu:
 Porcentaje de arena gruesa: 1.84 Coef. de concavidad, Cc:
 Porcentaje de arena media: 7.51 Límite líquido (w_L): 49.3
 Porcentaje de arena fina: 14.54 Límite plástico (w_P): 23.3
 Porcentaje de finos: 100.00 Índice de plasticidad: 26.0

Clasificación según Sistema Unificado de Clasificación de Suelos:

Arzila delgada con arena, de plasticidad intermedia (CI)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG

Muestra: PM-1 Perforación: PM-1
 Proyecto: Tesis Sitio: Playa Panamá
 Técnico: JAS & RMCH Prof.:
 Secado: Aire Fecha: 190506

LÍMITE LÍQUIDO (w_L): 40.1

No. de lata: 15 19 13 17 20

Peso del suelo húmedo: 40.90 39.87 43.89 43.00 44.59

Peso del suelo seco: 36.43 32.50 35.40 36.27 35.34

Peso de la lata [g]: 16.88 15.87 16.58 17.10 17.80

Peso del suelo seco [g]: 19.52 16.63 18.82 19.17 18.14

Peso del agua [g]: 8.50 7.47 8.48 8.73 8.65

Contenido de Humedad (%): 43.1 44.4 45.1 45.5 47.7

Número de golpes: 33 29 25 21 17

LÍMITE PLÁSTICO (w_P): 24.9

No. de lata: 18 19 20

Peso del suelo húmedo: 7.00 8.70 7.72

Peso del suelo seco: 6.81 7.70 7.50

Peso de la lata [g]: 4.97 4.21 4.26

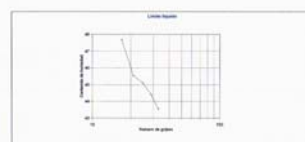
Peso del suelo seco [g]: 1.84 3.49 3.24

Peso del agua [g]: 0.39 1.00 0.62

Contenido de humedad [g]: 21.8 28.7 21.8

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI): 20.9

CLASIFICACIÓN (BS): Arzila de plasticidad intermedia (CI)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG

Muestra: PM-2 Perforación: PM-2
 Proyecto: Tesis Sitio: Playa Panamá
 Técnico: JAS & RMCH Prof.:
 Secado: Aire Fecha: 190506

LÍMITE LÍQUIDO (w_L): 35.9

No. de lata: 3 2 16 14 9

Peso del suelo húmedo: 39.83 41.58 41.82 45.16 52.10

Peso del suelo seco: 36.53 36.46 35.40 40.43 43.47

Peso de la lata [g]: 16.88 16.87 16.72 16.31 16.86

Peso del suelo seco [g]: 17.67 16.49 18.68 22.12 23.61

Peso del agua [g]: 6.27 6.10 6.42 7.73 8.63

Contenido de Humedad (%): 35.0 35.0 34.4 34.9 38.7

Número de golpes: 34 30 25 20 15

LÍMITE PLÁSTICO (w_P): 32.7

No. de lata: 16 17 21

Peso del suelo húmedo: 8.00 6.32 6.82

Peso del suelo seco: 6.04 5.74 6.20

Peso de la lata [g]: 3.16 2.22 4.11

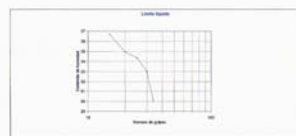
Peso del suelo seco [g]: 3.88 3.52 4.09

Peso del agua [g]: 2.96 0.98 0.82

Contenido de humedad [g]: 65.3 16.3 15.2

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI): 3.6

CLASIFICACIÓN (BS): Limo de plasticidad Baja (ML)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE ATTERBERG

Muestra: PM-3 Perforación: PM-3
 Proyecto: Tesis Sitio: Playa Panamá
 Técnico: JAS & RMCH Prof.:
 Secado: Aire Fecha: 190506

LÍMITE LÍQUIDO (w_L): 51.4

No. de lata: 6 14 15 16 17

Peso del suelo húmedo: 43.01 41.11 46.87 44.81 47.22

Peso del suelo seco: 35.70 32.38 36.80 34.82 36.34

Peso de la lata [g]: 16.84 16.30 16.87 16.06 17.12

Peso del suelo seco [g]: 18.78 16.28 19.79 18.86 19.42

Peso del agua [g]: 7.21 7.52 10.07 9.99 10.58

Contenido de Humedad (%): 46.4 46.2 51.0 52.7 55.0

Número de golpes: 38 31 27 23 19

LÍMITE PLÁSTICO (w_P): 24.1

No. de lata: 2 23 24

Peso del suelo húmedo: 8.42 7.40 8.00

Peso del suelo seco: 7.83 6.75 7.28

Peso de la lata [g]: 4.26 4.12 4.26

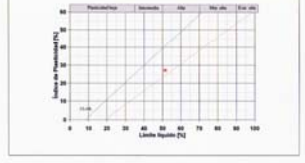
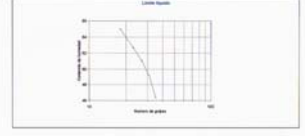
Peso del suelo seco [g]: 3.57 2.63 3.02

Peso del agua [g]: 0.79 0.85 0.72

Contenido de humedad [g]: 21.9 24.7 24.9

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI): 27.9

CLASIFICACIÓN (BS): Arzila de plasticidad Alta (BH)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: FSL-4 Perfil: Playa Panamá
Proyecto: Tesis Sítio: Prof.
Técnico: JAG, S. RAMCH Fecha: 19/05/06
Sede: Airo

LÍMITE LÍQUIDO (N):

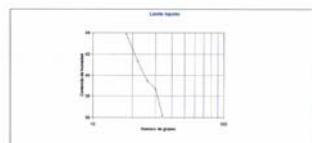
No. de lata	8	2	8	13	16
Peso del suelo húmedo + lata (g)	44.10	43.86	50.34	47.79	45.99
Peso del suelo seco + lata (g)	37.11	37.79	41.32	38.84	37.06
Peso de la lata (g)	17.79	16.97	16.96	16.98	16.71
Peso del suelo seco (g)	19.32	20.82	24.36	22.86	20.35
Peso del agua (g)	6.98	6.07	9.82	9.12	6.93
Contenido de Humedad %	36.2	36.8	39.5	41.3	43.9
Número de golpes	24	30	26	22	18

LÍMITE PLÁSTICO (N):

No. de lata	13	14	16
Peso del suelo húmedo + lata (g)	6.72	6.36	6.80
Peso del suelo seco + lata (g)	7.88	7.53	6.03
Peso de la lata (g)	4.16	4.26	2.18
Peso del suelo seco (g)	3.82	3.24	3.85
Peso del agua (g)	0.74	0.67	0.77
Contenido de humedad (g)	19.4	20.7	20.0

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (N):

CLASIFICACIÓN (BB): 20.1 Anillo de plasticidad Intermedia (C)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: FSL-7 Perfil: Playa Panamá
Proyecto: Tesis Sítio: Prof.
Técnico: JAG, S. RAMCH Fecha: 19/05/06
Sede: Airo

LÍMITE LÍQUIDO (N):

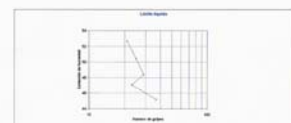
No. de lata	30	13	20	2	13
Peso del suelo húmedo + lata (g)	45.24	41.24	50.44	50.52	54.76
Peso del suelo seco + lata (g)	37.40	32.19	36.60	39.27	41.88
Peso de la lata (g)	17.83	12.94	17.81	16.98	16.88
Peso del suelo seco (g)	19.57	19.24	21.99	22.29	24.90
Peso del agua (g)	8.84	6.38	10.64	11.25	13.07
Contenido de Humedad %	45.2	47.1	48.4	50.9	52.7
Número de golpes	37	20	20	30	21

LÍMITE PLÁSTICO (N):

No. de lata	19	22	16
Peso del suelo húmedo + lata (g)	7.12	7.42	4.90
Peso del suelo seco + lata (g)	6.53	6.82	4.19
Peso de la lata (g)	3.36	4.26	3.17
Peso del suelo seco (g)	2.97	2.56	2.01
Peso del agua (g)	0.98	0.80	0.47
Contenido de humedad (g)	23.3	23.4	23.4

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (N):

CLASIFICACIÓN (BB): 26.1 Anillo de plasticidad Intermedia (C)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: FSL-6 Perfil: Playa Panamá
Proyecto: Tesis Sítio: Prof.
Técnico: JAG, S. RAMCH Fecha: 19/05/06
Sede: Airo

LÍMITE LÍQUIDO (N):

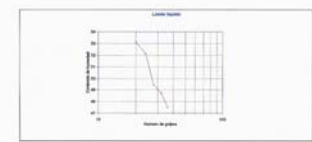
No. de lata	8	6	13	16	17
Peso del suelo húmedo + lata (g)	41.81	41.89	44.41	48.42	44.59
Peso del suelo seco + lata (g)	33.81	32.54	35.21	37.89	33.34
Peso de la lata (g)	16.96	15.96	16.96	16.92	12.17
Peso del suelo seco (g)	16.85	16.58	18.25	20.97	21.17
Peso del agua (g)	6.00	5.30	6.20	10.83	11.25
Contenido de Humedad %	47.5	46.7	49.4	52.1	53.1
Número de golpes	36	32	28	24	20

LÍMITE PLÁSTICO (N):

No. de lata	12	21	22
Peso del suelo húmedo + lata (g)	7.60	9.14	9.14
Peso del suelo seco + lata (g)	7.29	7.38	7.38
Peso de la lata (g)	4.10	4.26	4.10
Peso del suelo seco (g)	2.90	3.12	3.28
Peso del agua (g)	0.70	0.77	0.75
Contenido de humedad (g)	24.1	24.8	22.8

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (N):

CLASIFICACIÓN (BB): 27.2 Anillo de plasticidad Alta (C)



LABORATORIO DE GEOTECNIA
ESCUELA CENTROAMERICANA DE GEOLOGIA
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA

DETERMINACION DE LOS LIMITES DE ATTERBERG

Muestra: FSL-1 Perfil: Playa Panamá
Proyecto: Tesis Sítio: Prof.
Técnico: JAG, S. RAMCH Fecha: 19/05/06
Sede: Airo

LÍMITE LÍQUIDO (N):

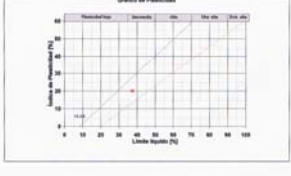
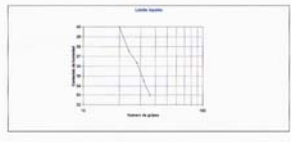
No. de lata	15	30	25	9	9
Peso del suelo húmedo + lata (g)	47.80	46.12	46.76	45.63	46.50
Peso del suelo seco + lata (g)	38.11	38.86	40.63	38.52	38.05
Peso de la lata (g)	12.24	17.62	18.27	15.36	12.47
Peso del suelo seco (g)	25.87	21.24	22.36	23.16	24.22
Peso del agua (g)	8.89	7.28	6.13	6.81	6.87
Contenido de Humedad %	33.9	34.5	26.4	29.8	28.9
Número de golpes	36	32	28	24	20

LÍMITE PLÁSTICO (N):

No. de lata	21	2	12
Peso del suelo húmedo + lata (g)	6.77	10.16	10.67
Peso del suelo seco + lata (g)	6.08	9.22	6.75
Peso de la lata (g)	4.26	4.26	4.26
Peso del suelo seco (g)	4.88	4.96	5.47
Peso del agua (g)	0.79	0.88	0.94
Contenido de humedad (g)	16.2	17.7	17.2

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (N):

CLASIFICACIÓN (BB): 22.3 Anillo de plasticidad Intermedia (C)





ANEXO III CADASTRO DE POÇOS

Poço	Longitude	Latitude	Q (l/s)	Q 2006	n.e.	n.e. 2006	n.d. 2006	Descrição Geológica e Profundidade
CN113	354000	285000	9.25		4.24			0-4m Argila semifluida escasos fragmentos de grava;4-6m Argila com seixos com alguns fragmentos de areia semiplástica;6-8m Seixos de lava composição lávica;8-15 m Colúvio Aluvial seixos angulosos subredondados;Material Heterogêneo;23-33m Complexo de Nicoya;33-50 m basaltos
CN116	356750	286350			1.82			0
CN117	354450	285700			1.75			0
CN118	355100	285600			3.14			0
CN119	354200	285800	0.40		10.00			0-3 m solo orgânico;3-10m Argila e fragmentos de ignimbrito;10 25 Formação Bagaces Ignimbrito;25-29 m paleosolo cor vermelha;29-35 toba com fragmentos líticos; 35-51 Lava Basáltica fraturada;51-55 paleosolo Argiloso
CN120	355300	285750						0
CN121	355500	285600			10.00			0
CN122	355800	285600			8.90			0
CN123	355550	285450			6.15			0
CN124	356100	285500	12.00					0-2 m componentes de solo;2-60 m sequência de tobas
CN125	354850	285400						0-7m componentes de solos e materiais laharicos;7-61m Tobas cinzas Bagaces;61-87m Ignimbritos densos e fraturados;87-90m sedimentos fluvio-lacustres
CN139	356200	285400			8.45			0
CN140	354950	285500						0
CN156	355226	284429	14.00	10.30	6.80		7.63	0
CN180	358900	284400	1.72		0.72			0
CN231	354800	284200	8.00		9.23			0-7m Argila cor marrom;7-9 m Seixos com areia e blocos ;9-13m Areia meia com fragmentos de seixos;13-16m Seixos e areias;16-20 Colúvio; 20-36 m Basalto cor cinza
CN232	356404	286283	8.31	8.00	6.26		10.01	0-7 m Argila;7-21 m Basalto intemperizado
CN241	355000	283900			14.46			0
CN242	355250	283950	1.50		5.00			0
CN243	355300	284000	1.50		4.68			0
CN244	354450	285700	1.50		2.10			0
CN245	354350	285700	1.50		2.00			0
CN246	355290	284700	1.50		6.65			0
CN259	354650	284849	6.00	0.00	5.00			0-4 m Solo Areioso Argiloso; 4-23 m Material Aluvional, basamento rochoso
CN268	353700	285750						0
CN273	355031	284806	19.00		4.37	5.12		0
CN275	354510	283950						0
CN281	355001	284825	18.50		4.27			0-6 m Argila cor marrom; 6-7 m Areia grossa, 7-10 m Argila, 10-13m Areia grossa 13-16 m Areia grossa, 16-17m seixos, 17-24 m Areia grossa-fina, 24-26 m Basalto Complexo de Nicoya
CN283	354757	285062						0-9m Grava y Arena, 9-13m Arena Fina, 13-18m Grava y Arena, 18-25 m Basalto
CN284	354923	284875	###		3.95	4.28		0
CN291	355350	283750			2.85			0-4m Solo Limo Areioso, 4-8 m Material Coluvial, 8-12 m Areia fina intemperizada, 12-23m Material Coluvial,23-26 Basalto
CN314	357750	286775	5.00		###			0-3 m Areia Argilosa, 30-60 Lava com variações
CN318	357700	285550						0
CN331	357700	286675	1.50		25.00			0
CN336	356242	286283	3.00	8.00	6.85		8.68	0-1.2 m solo areioso cor marrom 1.2-5 Material coluvial com seixos de diâmetros variados de até 8 cm de ignimbritos e lavas 5-10 m Silte e argila 10-12 m Material coluvial com fragmentos de lava 12-14 m Areia com quartzo e camadas finas 14-23 m Material coluvial com fragmentos de lava e areia
CN379	354500	285600	10.00		6.58			1
CN386	354860	284570			7.00			0-3 solo areioso, 3-20 m Gravass, areias e argilas, 20-21 m Lavas densas
CN496	357275	284500	3.00		13.00			0-6 m Solo Argilo-detritico, 6-10 Capas de rocha intemperizada, 10-13 Camadas de argila vermelha, 13-22 camadas de rocha intemperizada, 22-24 rochas do Complexo de Nicoya intemperizadas
CN503	353725	283200	2.00					0-3m Arcilla color rojiza, 3-50 m Complejo de Nicoya
CN509	354050	282240	1.50					
CN512	353650	282200	1.50					0
CN527	356651	285312	0.40					0
CN533	357425	285955	1.50					0
CN537	356242	286283	0.90	0.00	7.4	7.4		0
CN86	355267	284729	0.94		5.30			0
CN89	356600	283800	1.89		2.65			0
CN96	355143	284684	19.00		4.54		6.00	0-6.1 m Argila permeável, 6.1-9.1m Seixos, 9-1-12.2m Argila e seixos,12.2-25.9m Areia e seixos,25.9-27.4m Areia 27.4m Embasamento
99-030	354610	284912	10.00	12.00	6.58		7.73	0-3 m solo areioso 3-5 m arenitos consolidados 5-11 m arenitos e folhelos intercalados 11-20 m Arenitos consolidados e densos, fraturados 20-21m Material vulcânico, lavas densas e pretas, possivelmente pertencentes ao Complexo de Nicoya
cacique 4	354963	284877	0.00	0.00			4.38	
ilg-02-2006	355278	284847	0.00	0.00	7			

ILG = ilegal

ANEXO IV ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS PROCESO CALIDAD DEL AGUA			
INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE			
NM: 306	FECHA RECOLECCIÓN: 17/03/2000	PROVINCIA: GUANACASTE	
ID: 4999	FECHA RECIBO: 17/03/2000	CANTON: CARRILLO	
ANÁLISIS N°: 01234	FECHA REPORTE: 23/03/2000	REGION: CHOROTEGA	
ORIGEN: POZO		SOLIC. POR: ESTUDIOS Y PROYECTOS	
LOCALIZACIÓN: POZO CN 158 ICT		GIRA: PLAYA PANAMA	
DATOS DE CAMPO			
RECOLECTADA POR: FRANCISCO SEGURA		HORA DE RECOLECCIÓN: 7:00	
TEMPERATURA: °C		CLORO RESIDUAL: 0 mg/L	
VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS			
COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 10.81 mg/L		
TURBIEDAD: 0.39 UNT	CLORUROS: 12.40		
SÓLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/hr	FLUORUROS: 0.18		
CONDUCTIVIDAD: 350 uS	NITRATOS: 4.51		
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:		
pH: 7.35	NITRITOS:		
pH DE SATURACIÓN: 7.42	ALUMINIO:		
ÍNDICE DE SATURACIÓN: -0.07	SODIO: 13.5		
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.0		
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS PROCESO CALIDAD DEL AGUA			
INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE			
NM: 331	FECHA RECOLECCIÓN: 15/03/2006	PROVINCIA: GUANACASTE	
ID: 9981	FECHA RECIBO: 16/03/2006	CANTON: CARRILLO	
ANÁLISIS N°: 01218	FECHA REPORTE: 31/03/2006	REGION: CHOROTEGA	
ORIGEN: POZO		SOLIC. POR: ESTUDIOS Y PROYECTOS	
LOCALIZACIÓN: POZO BLUE BAY		GIRA: PLAYA PANAMA	
DATOS DE CAMPO			
RECOLECTADA POR: VICTOR JULIO R		HORA DE RECOLECCIÓN: 10:35	
TEMPERATURA: °C		CLORO RESIDUAL: 0 mg/L	
VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS			
COLOR VERDADERO: 3 U Pt/Co	SULFATOS: 25.77 mg/L		
TURBIEDAD: 0.72 UNT	CLORUROS: 25.45		
SÓLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/hr	FLUORUROS: 0.16		
CONDUCTIVIDAD: 466 uS	NITRATOS: 1.65		
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:		
pH: 6.91	NITRITOS:		
pH DE SATURACIÓN:	ALUMINIO:		
ÍNDICE DE SATURACIÓN:	SODIO: 21.0		
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 3.9		
SABOR:	ZINC:		
ALCALINIDAD TOTAL: 226	COBRE:		
DUREZA TOTAL: 235	MANGANESO: 2		
DUREZA DE CALCIO: 131	PLOMO: 14		
DUREZA DE MAGNESIO: 104	CADMIO:		
FOSFATOS:	CROMO:		
OBSERVACIONES:			
Niquel: 2 µg/L			
 PROFESIONAL RESPONSABLE		AREA DE QUÍMICA	

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS PROCESO CALIDAD DEL AGUA			
INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE			
NM: 334	FECHA RECOLECCIÓN: 01/02/2001	PROVINCIA: GUANACASTE	
ID: 5488	FECHA RECIBO: 05/02/2001	CANTON: CARRILLO	
ANÁLISIS N°: 0613	FECHA REPORTE: 14/02/2001	REGION: CHOROTEGA	
ORIGEN: POZO		SOLIC. POR: ESTUDIOS Y PROYECTOS	
LOCALIZACIÓN: POZO CN 232 "LAS CORTINAS"		GIRA: PLAYA PANAMA	
DATOS DE CAMPO			
RECOLECTADA POR: FRANCISCO SEGURA		HORA DE RECOLECCIÓN: 11:10	
TEMPERATURA: °C		CLORO RESIDUAL: mg/L	
VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS			
COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 12.84 mg/L		
TURBIEDAD: 0.27 UNT	CLORUROS: 10.45		
SÓLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/hr	FLUORUROS:		
CONDUCTIVIDAD: 449 uS	NITRATOS: 3.79		
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS: 0.81		
pH: 7.44	NITRITOS: 0.13		
pH DE SATURACIÓN: 7.32	ALUMINIO:		
ÍNDICE DE SATURACIÓN: 0.12	SODIO: 17.5		
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.0		
SABOR:	ZINC:		
INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS PROCESO CALIDAD DEL AGUA			
INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE			
NM: 438	FECHA RECOLECCIÓN: 15/03/2006	PROVINCIA: GUANACASTE	
ID: 9982	FECHA RECIBO: 16/03/2006	CANTON: CARRILLO	
ANÁLISIS N°: 01217	FECHA REPORTE: 31/03/2006	REGION: CHOROTEGA	
ORIGEN: POZO		SOLIC. POR: ESTUDIOS Y PROYECTOS	
LOCALIZACIÓN: POZO PANAMA CONDOVAC LA COSTA		GIRA: PLAYA PANAMA	
DATOS DE CAMPO			
RECOLECTADA POR: VICTOR J RODRIGUEZ		HORA DE RECOLECCIÓN: 10:15	
TEMPERATURA: °C		CLORO RESIDUAL: 0 mg/L	
VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS			
COLOR VERDADERO: 2 U Pt/Co	SULFATOS: 3.97 mg/L		
TURBIEDAD: 0.41 UNT	CLORUROS: 6.90		
SÓLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/hr	FLUORUROS: 0.16		
CONDUCTIVIDAD: 398 uS	NITRATOS: 2.29		
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:		
pH: 7.40	NITRITOS:		
pH DE SATURACIÓN:	ALUMINIO:		
ÍNDICE DE SATURACIÓN:	SODIO: 15.5		
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.7		
SABOR:	ZINC:		
ALCALINIDAD TOTAL: 239	COBRE:		
DUREZA TOTAL: 227	MANGANESO:		
DUREZA DE CALCIO: 131	PLOMO:		
DUREZA DE MAGNESIO: 91	CADMIO:		
FOSFATOS:	CROMO:		
OBSERVACIONES:			
Niquel: 2 µg/L			
 PROFESIONAL RESPONSABLE		AREA DE QUÍMICA	

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 221	FECHA RECOLECCION: 23/03/2008	PROVINCIA: GUANACASTE
ID: 9883	FECHA RECIBO: 24/03/2008	CANTON: CARRILLO
ANALISIS N°: 01297	FECHA REPORTE: 04/04/2008	REGION: CHOROTEGA
	ORIGEN: POZO	SOLIC. POR: PROCESO CALIDAD DEL AGUA (C)

LOCALIZACION: POZO CN 284 CACIQUE DEL MAR GIRA PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: RODRIGO ARRONIS HORA DE RECOLECCION: 9:45
TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 7.32 mg/L
TURBIEDAD: 0.27 UNT	CLORUROS: 4.88
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.16
CONDUCTIVIDAD: 419 uS	NITRATOS: 1.43
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.28	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 21.0
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.0
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 244	COBRE:
DUREZA TOTAL: 207	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 127	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 80	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 268	FECHA RECOLECCION: 23/03/2008	PROVINCIA: GUANACASTE
ID: 9884	FECHA RECIBO: 24/03/2008	CANTON: CARRILLO
ANALISIS N°: 01298	FECHA REPORTE: 04/04/2008	REGION: CHOROTEGA
	ORIGEN: POZO	SOLIC. POR: PROCESO CALIDAD DEL AGUA (C)

LOCALIZACION: POZO ESCUELA DE PLAYA PANAMA GIRA PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: RODRIGO ARRONIS HORA DE RECOLECCION: 10:15
TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 5.48 mg/L
TURBIEDAD: 0.36 UNT	CLORUROS: 7.35
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.08
CONDUCTIVIDAD: 434 uS	NITRATOS: 5.02
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.51	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 16.5
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.4
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 257	COBRE:
DUREZA TOTAL: 243	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 135	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 108	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 295	FECHA RECOLECCION: 23/03/2008	PROVINCIA: GUANACASTE
ID: 9885	FECHA RECIBO: 24/03/2008	CANTON: CARRILLO
ANALISIS N°: 01299	FECHA REPORTE: 04/04/2008	REGION: CHOROTEGA
	ORIGEN: POZO	SOLIC. POR: PROCESO CALIDAD DEL AGUA (C)

LOCALIZACION: POZO CN 198 DOÑA MERCEDES GIRA PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: RODRIGO ARRONIS HORA DE RECOLECCION: 10:45
TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 4.38 mg/L
TURBIEDAD: 0.42 UNT	CLORUROS: 5.70
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.16
CONDUCTIVIDAD: 392 uS	NITRATOS: 2.00
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.31	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 15.0
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.0
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 228	COBRE:
DUREZA TOTAL: 200	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 116	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 84	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 339	FECHA RECOLECCION: 23/03/2008	PROVINCIA: GUANACASTE
ID: 9886	FECHA RECIBO: 24/03/2008	CANTON: CARRILLO
ANALISIS N°: 01300	FECHA REPORTE: 04/04/2008	REGION: CHOROTEGA
	ORIGEN: POZO	SOLIC. POR: PROCESO CALIDAD DEL AGUA (C)

LOCALIZACION: POZO CN 99 CONDOVAC LA COSTA GIRA PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: RODRIGO ARRONIS HORA DE RECOLECCION: 11:10
TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U Pt/Co	SULFATOS: 9.45 mg/L
TURBIEDAD: 0.28 UNT	CLORUROS: 6.08
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.11
CONDUCTIVIDAD: 450 uS	NITRATOS: 3.54
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.17	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 17.5
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.4
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 261	COBRE:
DUREZA TOTAL: 236	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 136	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 100	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 358 FECHA RECOLECCION: 23/03/2006 PROVINCIA: GUANACASTE
 ID: 9887 FECHA RECIBO: 24/03/2006 CANTON: CARRILLO
 ANALISIS N°: 01301 FECHA REPORTE: 04/04/2006 REGION: CHOROTEGA
 ORIGEN: POZO SOLIC. POR: PROCESO CALIDAD DEL AGUA (CHCO)
 LOCALIZACION: POZO COSTA ESMERALDA GIRA: PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: RODRIGO ARRONIS HORA DE RECOLECCION: 11:40
 TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U PtCo	SULFATOS: 11.35 mg/L
TURBIEDAD: 0.38 UNT	CLORUROS: 6.57
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.11
CONDUCTIVIDAD: 475 uS	NITRATOS: 1.59
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.09	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 19.0
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.1
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 278	COBRE:
DUREZA TOTAL: 251	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 136	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 115	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Las determinaciones efectuadas, cumplen con el Reglamento para la Calidad del Agua Potable.

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
PROCESO CALIDAD DEL AGUA

INFORME DE CALIDAD DE AGUA POTABLE

NM: 460 FECHA RECOLECCION: 30/03/2006 PROVINCIA: GUANACASTE
 ID: 9888 FECHA RECIBO: 31/03/2006 CANTON: CARRILLO
 ANALISIS N°: 01356 FECHA REPORTE: 20/04/2006 REGION: CHOROTEGA
 ORIGEN: POZO SOLIC. POR: ESTUDIOS Y PROYECTOS
 LOCALIZACION: POZO CN-283 GIRA: PLAYA PANAMA

DATOS DE CAMPO

RECOLECTADA POR: MANUEL VARGAS HORA DE RECOLECCION: 12:00
 TEMPERATURA: °C CLORO RESIDUAL: 0 mg/L

VARIABLES FISICOQUIMICAS

COLOR VERDADERO: 0 U PtCo	SULFATOS: 9.77 mg/L
TURBIEDAD: 0.20 UNT	CLORUROS: 13.65
SOLIDOS SUSP SED: 0.0 mL/Ltr	FLUORUROS: 0.11
CONDUCTIVIDAD: 485 uS	NITRATOS: 8.81
OLOR: NEGATIVO	BROMUROS:
pH: 7.63	NITRITOS:
pH DE SATURACION:	ALUMINIO:
INDICE DE SATURACION:	SODIO: 17.5
ALCALINIDAD A LA FENOLF: 0 mg/L	POTASIO: 1.0
SABOR:	ZINC: ug/L
ALCALINIDAD TOTAL: 252	COBRE:
DUREZA TOTAL: 236	MANGANESO:
DUREZA DE CALCIO: 140	HIERRO:
DUREZA DE MAGNESIO: 96	PLOMO:
FOSFATOS:	CADMIO:
OBSERVACIONES:	CROMO:

Caudal = 15 L/s
 Muestra recolectada despues de 24 horas de bombeo

PROFESIONAL RESPONSABLE AREA DE QUIMICA

Resultados de los análisis microbiológicos del agua de Pozos ubicados en Playa Panama

Bloque - Sistema	Fuentes y tanques			Red de distribución coliformes / 100 ML						
	Fecha muestreo	Coliformes/100ML Fecales	Calidad	Total	FECAL min	Kg	máx	n < 4	Calidad	Observaciones
A - PLAYA PANAMA										
POZO LAS CORTINAS	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO RESTAURANTE SULA SULA	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO FLECHER	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO EXCAVADO RESTAURANTE CHUNCO	06/06/1997	1100	NO POT							
POZO COSTA BLANCA	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO COSTA ESMERALDA	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO ESCUELA DE PLAYA PANAMA	06/06/1997	Negativo	POT							
POZO RESTAURANTE SULA SULA	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO COSTA BLANCA	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO COSTA ESMERALDA	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 284: CACIQUE DEL MAR	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 86 : COMUNIDAD PLAYA PANAMA	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 86 : CONDOVAC LA COSTA	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 336 : ICT BLUE BAY	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 156 : DOÑA MERCEDES	21/06/1998	150	NO POT							
POZO EXCAVADO RESTAURANTE CHUNCO	21/06/1998	150	NO POT							Se aisló E.coli a 44.5°C.
POZO LAS CORTINAS	21/06/1998	Negativo	POT							
POZO CN 156 : DOÑA MERCEDES	17/03/2000	Negativo	POT							
POZO CN 283	30/03/2006	3.6	NO POT							Se aisló E.coli a 44.5°C.